

# Геодезические сети. Виды геодезических съеомок

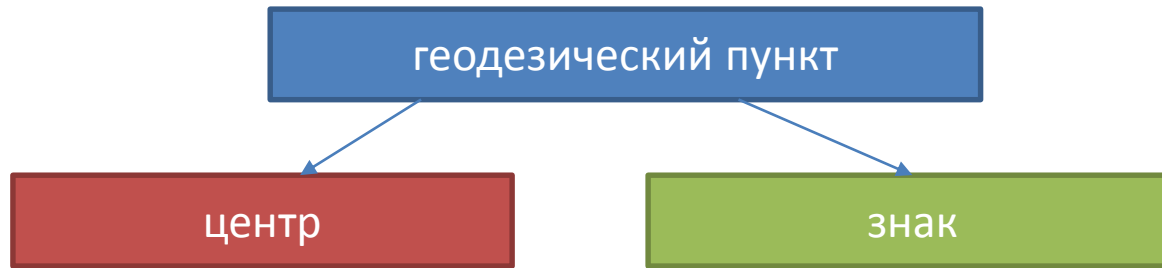
Лекция 4

# 1 Общие сведения о геодезических сетях



«Свод правил...» [СП 11-104-97] определяет *геодезическую основу для строительства* как совокупность пунктов (точек) геодезических сетей на территории изысканий, используемых при осуществлении строительной деятельности и включающей государственные, опорные и съёмочные геодезические сети, а также пункты геодезической разбивочной основы.

Государственной геодезической сетью называется совокупность пунктов с известными координатами в выбранной общей системе, расположенных равномерно по территории и соответствующим образом закрепленных на земной местности специальными центрами, обеспечивающими их сохранность и устойчивость в плане и по высоте в течение длительного времени.



Знаком называют инженерное сооружение, располагающее центром и служащее для установки геодезических приборов, а также играющее роль цели визирования.

Знаки могут быть:

1. деревянные,
2. металлические,
3. Кирпичные,
4. каменные.

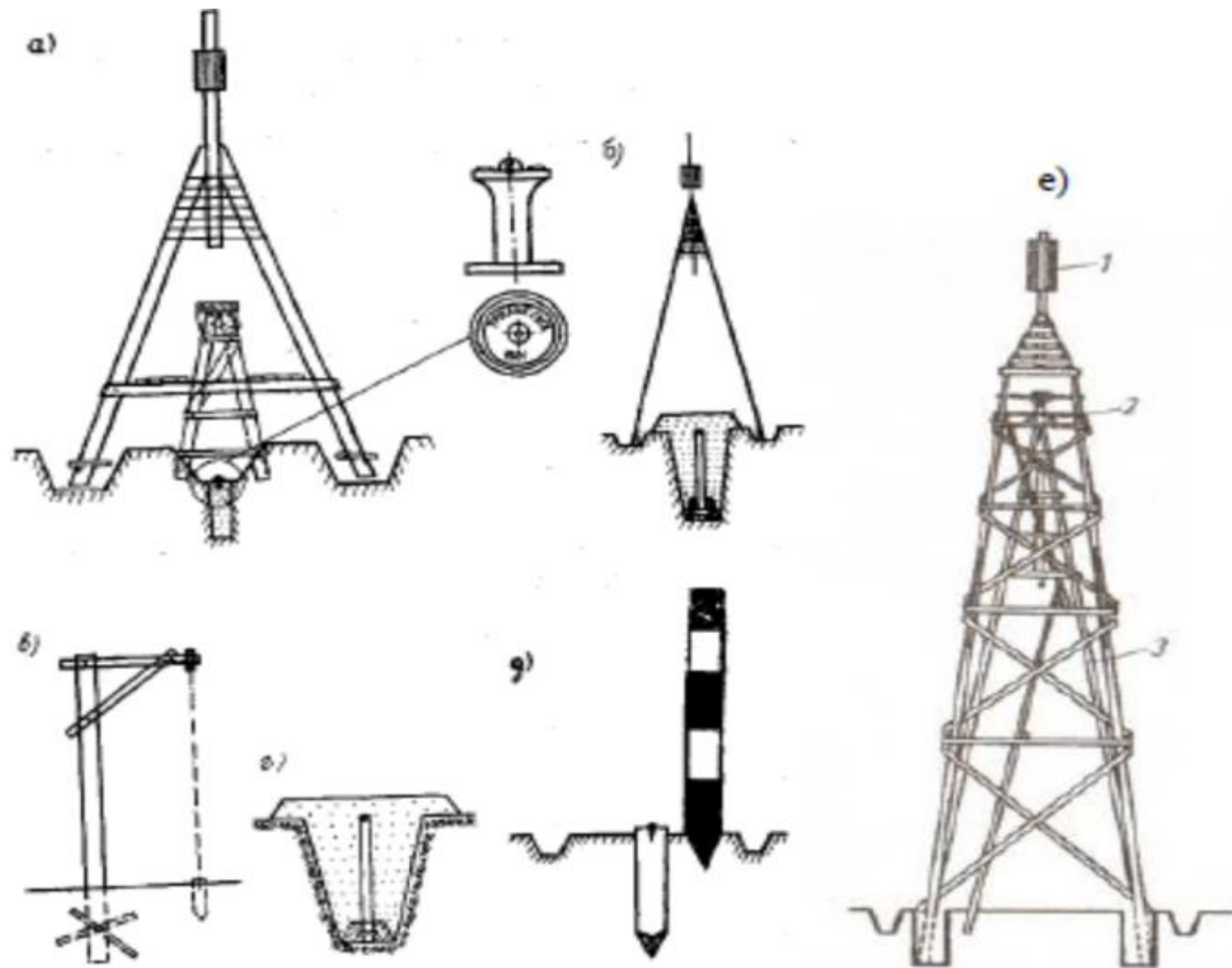


Рис. 1. а) простой сигнал и железобетонный монолит; б) металлическая или деревянная трехгранная или четырехгранная пирамида и трубчатый центр с железобетонным якорем; в) деревянная пирамида-веха и деревянный центр временного типа; г) грунтовый репер; д) деревянные вешка и колышек; е) сложный сигнал.

В верхней части каждого центра закрепляется:

- чугунная марка с отверстием
- металлическая пластинка с крестообразной насечкой
- в деревянных центрах марку заменяют гвоздем)

!!! Координаты  $X, Y$  относятся непосредственно к центру марки, крестообразной насечке или гвоздю.

# Назначение геодезических сетей

- для распространения единой системы координат в пределах одного государства или нескольких государств;
- для картографирования территорий этих государств;
- для определения формы и размеров геоида и эллипсоида, наиболее удобных для данных государств;
- для наблюдения за движением материков и отдельных точек земной поверхности;
- для решения практических задач в геологии, маркшейдерии в горном деле, строительстве гражданских и промышленных объектов.

Геодезические сети можно различать по:

- территориальному охвату;
- назначению;
- по точности построения;
- по густоте построения.

По территориальному признаку различают сети:

- 1) глобальные;
- 2) национальные (ГГС).



# Глобальные геодезические сети

Глобальные сети создаются на всю поверхность Земли спутниковыми методами, являясь пространственными с началом координат в центре масс Земли и определяемые в системе координат ПЗ-90 или WGS-84.

# Национальные геодезические сети

Национальные сети делятся на:

- государственную геодезическую сеть (ГГС) с определением координат в СК 95 в проекции Гаусса Крюгера на плоскости;
- государственную нивелирную сеть (ГНС) с определением нормальных высот в Балтийской системе, т. е. от нуля Кронштадтского футштока;
- государственную гравиметрическую сеть 1 класса и фундаментальные гравиметрические пункты.

В России геодезические сети подразделяют на:

- плановые сети, в которых пункты имеют прямоугольные координаты  $X, Y$ .

За начало плановых координат приняты координаты центра круглого зала Пулковской астрономической обсерватории в Санкт-Петербурге

- высотные сети, в которых пункты.

Имеют высоты Кронштадтского футштока.

По назначению сети классифицируют на:

- опорные геодезические сети,
- сети сгущения,
- сети съёмочного обоснования
- сети специального назначения.

Государственные (опорные) сети являются исходными для построения всех других видов сетей.

Сети сгущения строят для дальнейшего увеличения плотности  $p$  (числа пунктов, приходящихся на единицу площади) государственных сетей.

# Виды государственных геодезических сетей

плановые

высотные

планово-высотные или  
пространственные

## **Требования к содержанию пунктов ГГС:**

- систематически проводить полевое обследование всех пунктов сети, восстанавливать или заново определять утраченные пункты сети;
- периодически выполнять повторные или дополнительные измерения в значительной части сети, особенно в тех ее частях, которые наиболее подвержены движениям земной коры;
- повторять или дополнять измерения, проводимые для дальнейшего совершенствования и повышения точности ГГС;
- по мере накопления измерительной информации, совершенствования средств и методов измерения, пересматривать принципы построения ГГС.

# Современная государственная геодезическая сеть

Государственная геодезическая сеть, создаваемая по новым правилам, строится по принципу перехода от общего к частному и включает в себя геодезические построения различных классов точности:

фундаментальная астрономо-геодезическая сеть (ФАГС)

высокоточная геодезическая сеть (ВГС)

спутниковая геодезическая сеть 1 класса (СГС 1)

астрономо-геодезическая сеть

геодезические сети сгущения

## Высший уровень - ФАГС

- Для определения положения пунктов ФАГС используют методы космической геодезии.
- Средняя квадратическая погрешностью не более 10...15 см.
- Число таких пунктов по стране планируется около 50 - 70, из них 10-15 пунктов должны стать постоянно действующими, остальные могут переопределяться через определенные промежутки времени в зависимости от динамической активности.

Высокоточная геодезическая сеть (ВГС)

Пункты ВГС удалены один от другого на расстояние 150...300 км.

Координаты пунктов ВГС относительно пунктов ФАГС определяют со средними квадратическими погрешностями не более 10–18 мм в плановое и 10-15 мм по высоте.



## **Спутниковая геодезическая сеть 1 класса (СГС 1)**

Исходной основой для создания СГС 1 служат ближайшие пункты ФАГС и ВГС.

Расстояние между пунктами СГС 1 в среднем составляет 25 – 35 км.

С учетом требований отраслей народного хозяйства плотность пунктов на отдельных территориях может быть увеличена, что обеспечит широкому кругу производителей работ оптимальные условия по применению ГЛОНАСС и GPS аппаратуры в производственной деятельности.

Средние квадратические погрешности по каждой из плановых координат пунктов СГС 1 относительно ближайших пунктов ВГС не должны превышать 10-12 мм в плане и 15-18 мм по высоте.

Астрономо-геодезическая сеть (АГС) и геодезические сети сгущения (ГСС) создаются традиционными астрономо-геодезическими и геодезическими методами, так и с использованием спутниковых технологий.

Средняя длина стороны в АГС обычно составляет 12 км.

Геодезические сети сгущения - главная плановая основа топографических съемок всего масштабного ряда.

Исходной основой для их создания служат пункты АГС и СГС-1.

Средняя длина сторон в ГСС 3 класса составляет 6 км, а 4 класса - 3 км. Точность взаимного положения смежных пунктов АГС и ГСС характеризуется средней квадратической погрешностью, не превышающей 5 см.

# Координатные системы (общеземные и референцные)

*общеземные –  
планетарные*

*референцные –  
локальные для  
отдельных территорий и  
государств*

**Общеземная координатная система** – используется для решения и картографирования глобальных задач: изучения фигуры Земли, внешнего гравитационного поля, изменения во времени движения полюсов Земли, неравномерности ее вращения, управления полетами летательных аппаратов (в т.ч. космических). В этой связи создают модель планеты Земля – трехосный эллипсоид вращения, имеющий размеры, массу, угловую скорость и др. параметры, весьма близкие к реальности. Их называют **фундаментальными**. К ним также относят скорость распространения электромагнитных волн в вакууме.

# Геодезические сети сгущения

Опорные сети (сети сгущения) строят для дальнейшего увеличения плотности (числа пунктов, приходящихся на единицу площади) государственных сетей.

Плотность пунктов опорной геодезической сети при производстве инженерно-геодезических изысканий следует устанавливать в программе изысканий из расчета:

- не менее четырех пунктов на  $1 \text{ км}^2$  на застроенных территориях;
- один пункт на  $1 \text{ км}^2$  на незастроенных территориях.

Плановое положение пунктов опорной геодезической сети при инженерно-геодезических изысканиях для строительства следует определять **методами** триангуляции, полигонометрии, трилатерации, построения линейно-угловых сетей, а также на основе использования спутниковой геодезической аппаратуры (приемники GPS и др.) и их сочетанием.

# Полигонометрическая сеть

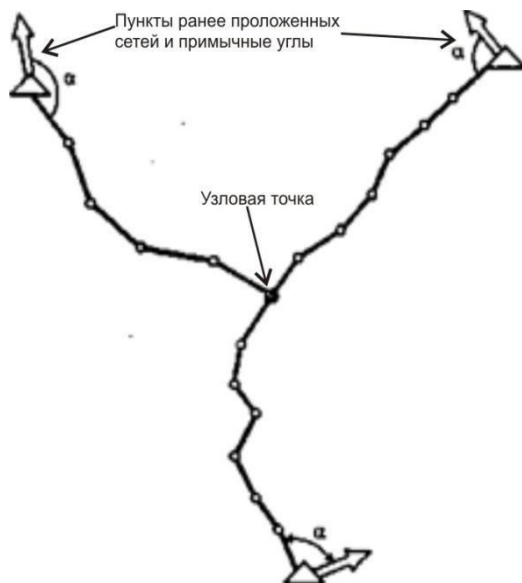


Схема сети полигонометрии

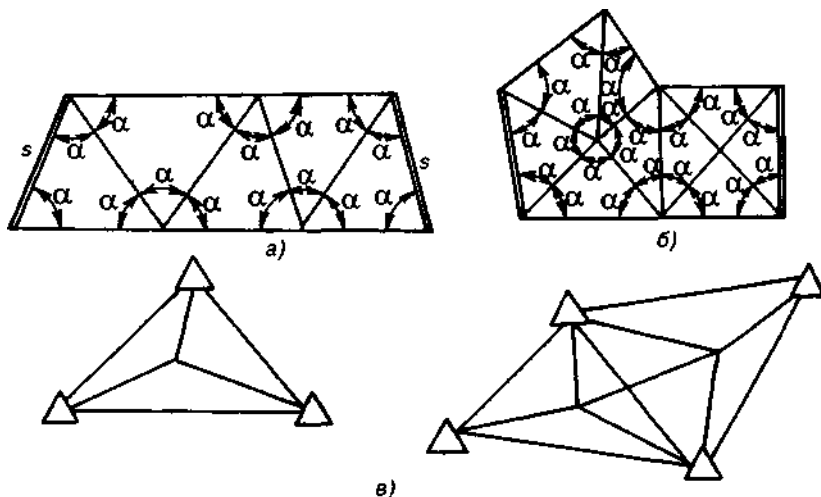
## Технические характеристики полигонометрических ходов

Показатель	4-й класс	1-й разряд	2-й разряд
Предельные длины ходов, км....	15	5	3
Периметры полигонов, образованные полигонометрическими ходами в свободных сетях, км, не более	30	15	9
Длины сторон хода, км	0,25.. .2,0*	0,12.. .0,8	0.08.. .0,35
Длина хода от узловой точки до пункта высшего класса или разряда, км, не более	7	3	2
Число сторон в ходе, не более	15	15	15
Относительная невязка хода, не более	1:25000	1:10000	1:5000
Средняя квадратическая погрешность измеренного угла (по невязкам в полигонах), не более	3"	5"	10"
Угловая невязка хода или полигона	$5\sqrt{n}$	$\sqrt{10}$	$20\sqrt{n}$

\* Первые значения соответствуют открытой, равнинной местности, а вторые – залесённой, горной

# Сети триангуляции

## Технические характеристики триангуляции



Схемы триангуляции при строительстве  
 а - линейно-протяженных объектов, б -  
 городских и промышленных объектов, в -  
 вставки пунктов в ранее созданные сети

Показатель	4-класс	1-й разряд	2-й разряд
Длина стороны треугольника, км	1...5	0,5.. .5	0,25.. .3
Относительная средняя квадратическая погрешность: базисной (выходной) стороны, не более определяемой стороны сети в наиболее слабом месте, не более	1:100000 1:50000	1:50000 1:20000	1:20000 1:10000
Наименьшее значение угла треугольника между направлениями данного класса (разряда)	20°	20°	20°
Предельная невязка в треугольнике, не более	8"	20"	40"
Средняя квадратическая погрешность измеренного угла (вычисленная по невязкам треугольников), не более	2"	5"	10"
Предельная длина цепи треугольников, км	10	5	3

# Сети трилатерации



*Схема цепочки  
треугольников сети  
трилатерации*

## *Технические характеристики трилатерации*

Показатель	4-й класс	1-й разряд	2-й разряд
Длина стороны треугольника, км	1...5	0,5.. .5	0,25.. .3
Относительная средняя квадратическая погрешность измерения сторон (по внутренней сходимости), не более	1:100000	1:50000	1:20000
Наименьшее значение угла треугольника	20"	20"	20"
Предельная длина цепи треугольников, км.	10	5	3

# Высотные сети

Основные показатели	Классы нивелирования		
	II	III	IV
Средняя квадратическая ошибка нивелирования на 1 км хода, мм	2	5	10
Допустимые невязки и расхождения сумм превышений прямого и обратного ходов, мм	5	10	20
Максимальная длина хода, км:			
замкнутого	40	25	10
между пунктами высшего класса	—	15	5
между узловыми точками	10	5	3
Наибольшее расстояние от нивелира до рейки, м	75	75	100
Наименьшая высота визирного луча, м	0,5	0,3	0,2



# Каталоги координат и высот точек

Координаты и высоты пунктов государственных геодезических сетей приводятся раздельно в каталогах координат или каталогах высот геодезических пунктов.

Каталоги составляют в соответствии со специальной инструкцией.

Они содержат описание физико-географических условиях района работ, год производства работ, схему обоснования, сведения об использованных геодезических приборах, анализ и оценку точности и произведенных работ.

В каталоги помещают данные о сохранившихся пунктах старых геодезических сетей и надежно закрепленных на местности временных геодезических знаков.

Каталоги координат и высот пунктов государственных геодезических сетей хранятся в государственном картографо-геодезическом фонде, в Госгеонадзоре, а также районных администрациях.

# Понятие о геодезических измерениях

При геодезических работах основной объём информации получают с помощью геодезических измерений, которые классифицируются следующим образом:

- по назначению;
- по точности;
- по объёму;
- по характеру получаемой информации;
- по инструментальной природе получаемой информации;
- по взаимозависимости результатов измерений



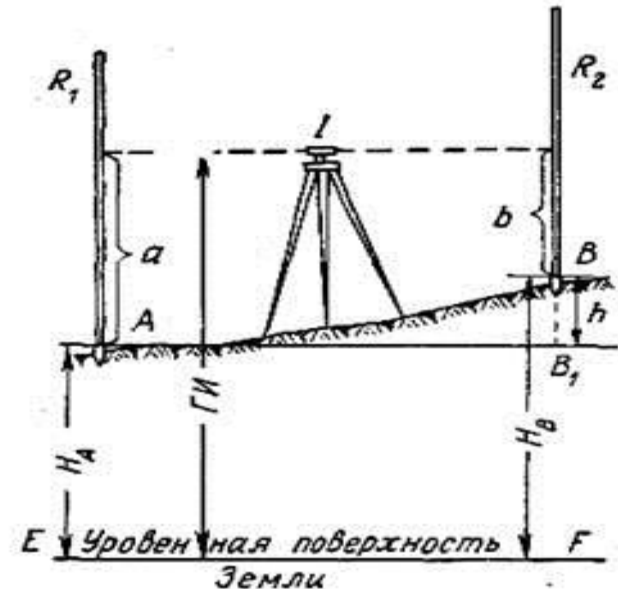
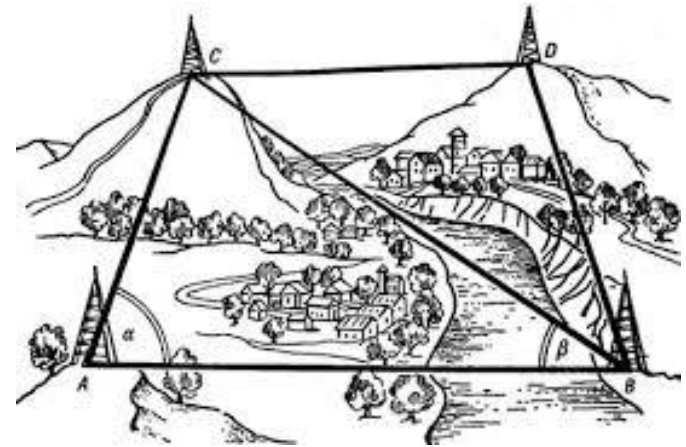
# Классификация видов съемок по назначению

- Горизонтальная. Измеряются линии, углы и другая геометрия участка для создания плана местности.
- Вертикальная. Фиксируются отметки высот и другие точки рельефа с целью получения профиля местности.
- Топографическая (общая). Одновременно проводятся горизонтальные и вертикальные измерения для создания топографической карты.

# Классификация измерений по назначению

*По своему назначению геодезические измерения бывают:*

- угловые;
- линейные;
- нивелирные (измеряются высоты или превышения);
- координатные (измеряются координаты или их приращения);
- гравиметрические (измеряют ускорения силы тяжести).



# Виды в зависимости от применяемых приборов

Тип применяемого геодезического прибора определяет классификацию геодезической съемки:

- Теодолит. Создает ситуационный план, измеряет углы и расстояния.
- Тахеометр. Дисплей прибора показывает изображения рельефа и контуров предметов.
- Мензула. Прибор создает топографическую карту.
- Нивелир. Измеряет вертикальные линии рельефа для создания профиля участка.
- Фототеодолит. Создание карты местности с его помощью сводится к получению снимков местности и их обработке в трехмерных устройствах.
- GPS-приемник. Самые современные приборы, используются совместно со спутником. Результаты работы обрабатывают в специальной компьютерной программе.

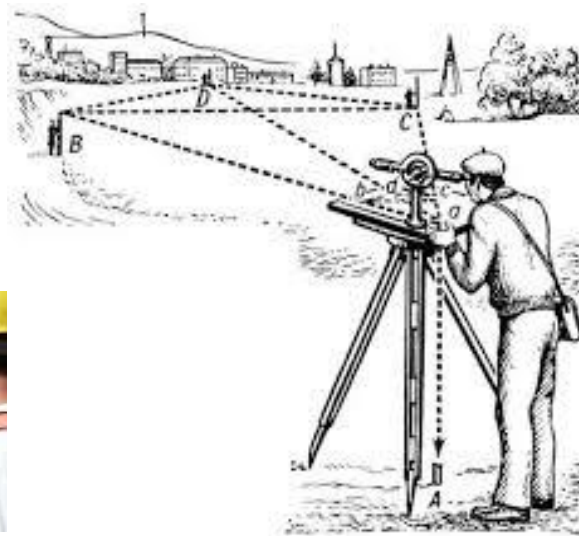
# Виды съемок по точности

Геодезическую съемку разделяют на равноточную и неравноточную. Условиями равноточности будет то, что работа выполнялась лицами одинаковой квалификации, в одно и то же время суток, при одних и тех же погодных условиях, одним и тем же инструментом. Неодинаковость хоть одного из параметров, относит измерения к неравноточным.

- Использование прибора разделяет точность на три ступени:
- Техническая. Все измерения проводят один раз.
- Точное измерение. Каждое измерение проводится не менее трех раз, с вычислением погрешности.
- Высокоточные результаты. Получаются с применением современных устройств, которые автоматически проводят большое количество измерений и выдают на дисплей результат вычисления погрешности.
- Самым неточным способом проведения измерений считается до сих пор применяющийся метод по глазомеру.

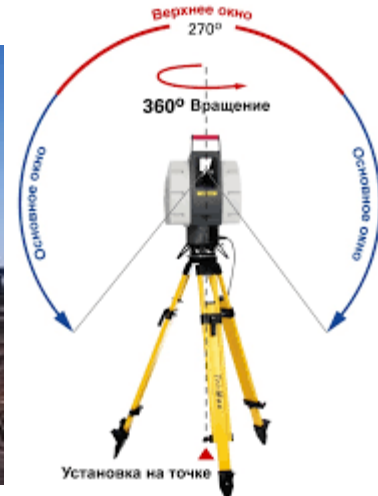
# В связи с этим сформировались следующие технологические процессы топографо-геодезических работ:

- топографическая съёмка
- разбивочные работы
- определение деформаций зданий, сооружений, земной коры
- триангуляция
- трилатерация
- полигонометрия
- спутниковые измерения
- астрономические определения
- гравиметрические работы
- створные измерения



# В зависимости от типов используемых средств геодезические измерения делят на три группы:

- ВЫСОКОТОЧНЫЕ
- ТОЧНЫЕ (средней точности)
- ТЕХНИЧЕСКИЕ (малой точности)





# Процесс измерения в геодезии осуществляется при наличии пяти составляющих (факторов):

- объект — что измеряется
- субъект — кто измеряет
- средство — чем измеряется
- метод — как измеряется
- внешняя среда — в каких условиях и где измеряется.



Конкретное содержание и состояние факторов геодезического измерения определяются условиями, которые могут быть классифицированы по следующим признакам:

По физическому исполнению:

- **прямые измерения**, в которых значение измеряемой величины получают непосредственным сравнением с однородной физической величиной (эталоном). Примером прямого измерения служит измерение длины линии рулеткой или мерной лентой;
- **косвенные измерения**, в которых значение определяемой величины получают из вычислений, в которых в качестве исходных используют результаты измерений величин, связанных с определяемой. Например: измерение длины линии светодальномером. В этом случае измеряется непосредственно время прохождения светового сигнала от дальномера до отражателя и обратно, а затем вычисляется длина линии.



### По роду:

- однородные (измерения однородных физических величин)
- разнородные (все прочие по отношению к однородным)

### По количеству:

- необходимые измерения дают только по одному значению каждой измеряемой величины
- дополнительные или избыточные измерения производятся для получения нескольких значений измеряемой величины в целях контроля, исключения грубых погрешностей или повышения качества результатов измерений

### По точности:

- **равноточные**, которые выполняются в одинаковых условиях, т. е. объекты одного и того же рода измеряют исполнители одинаковой квалификации, приборами одного класса, по единой методике, в достаточно схожих по характеру условиях внешней среды
- **неравноточными** считаются измерения, выполняемые в случаях, когда по крайней мере одна из составляющих процесса измерения существенно отличается от аналогичной составляющей других измерений



## По физической природе носителей информации:

- визуальная фиксация результатов измерения, когда передача информации в системе «прибор — цель» осуществляется с участием наблюдателя (оператора);
- невизуальные измерения в основе своей полностью или частично исключают участие наблюдателя. В этом случае используют средства радиоэлектроники, микропроцессорной техники и др.

## По взаимозависимости:

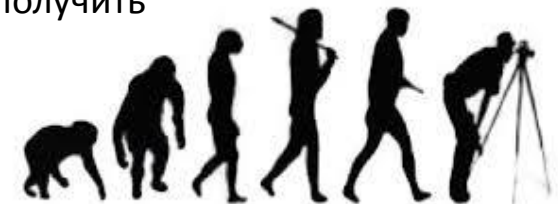
- независимые
- зависимые
- коррелированные



# Ошибки измерений разделяют по двум признакам: характеру их действия и источнику происхождения.

*По характеру действия ошибки бывают грубые, систематические и случайные.*









































- **Грубыми называют ошибки**, превосходящие по абсолютной величине некоторый, установленный для данных условий измерений, предел. Они происходят в большинстве случаев в результате промахов и просчетов исполнителя. Такие ошибки обнаруживают повторными измерениями, а результаты, содержащие их, бракуют и заменяют новыми.
- **Систематические ошибки**, которые по знаку или величине однообразно повторяются в многократных измерениях (например в длине линии из-за неточного знания длины мерного прибора, из-за неточности уложения мерного прибора в створе этой линии и т. п.). Влияние систематических ошибок стремятся исключить из результатов измерений или ослабить тщательной проверкой измерительных приборов, применением соответствующей методики измерений, а также введением поправок в результаты измерений.
- **Случайные ошибки - это ошибки**, размер и влияние которых на каждый отдельный результат измерения остается неизвестным. Величину и знак случайной ошибки заранее установить нельзя. Однако теоретические исследования и многолетний опыт измерений показывают, что случайные ошибки подчинены определенным вероятностным закономерностям, изучение которых дает возможность получить наиболее надежный результат и оценить его точность.



# По источнику происхождения различают ошибки приборов, внешние и личные.

- **Ошибки приборов** обусловлены их несовершенством, например, ошибка в угле, измеренном теодолитом, ось вращения которого неточно приведена в вертикальное положение.
- **Внешние ошибки** происходят из-за влияния внешней среды, в которой протекают измерения, например, ошибка в отсчете по нивелирной рейке из-за изменения температуры воздуха на пути светового луча (рефракция) или нагрева нивелира солнечными лучами.
- **Личные ошибки** связаны с особенностями наблюдателя, например, разные наблюдатели по-разному наводят зрительную трубу на визирную цель.
- Так как грубые ошибки должны быть исключены из результатов измерений, а систематические исключены или ослаблены до минимально допустимого предела, то проектирование измерений с необходимой точностью, оценку результатов выполненных измерений производят, основываясь на свойствах случайных ошибок.



<p>1</p>  <p>а </p> <p>б </p> <p>в </p>	<p>6</p>  <p>а </p> <p>б </p> <p>в </p>
<p>2</p>  <p>а </p> <p>б </p> <p>в </p>	<p>7</p>  <p>а </p> <p>б </p> <p>в </p>
<p>3</p>  <p>а </p> <p>б </p> <p>в </p>	<p>8</p>  <p>а </p> <p>б </p> <p>в </p>
<p>4</p>  <p>а </p> <p>б </p> <p>в </p>	<p>9</p>  <p>а </p> <p>б </p> <p>в </p>
<p>5</p>  <p>а </p> <p>б </p> <p>в </p>	<p>10</p>  <p>а </p> <p>б </p> <p>в </p>

# Контрольная работа №3

*Найдите изображение рельефа  
в виде горизонталей,  
соответствующее форме  
рельефа.*

*Оценивание: 1 верное задание –  
0,25 балла*

