

Геодезические сети

Геодезические сети

- **Геодезическая сеть** — сеть закрепленных точек земной поверхности, положение которых определено в общей для них системе координат.
- Подразделяются на:
 - плановые (где у пунктов определены только плоские координаты);
 - высотные (у пунктов определена высота над уровнем моря)
 - планово-высотные.

Национальные геодезические сети

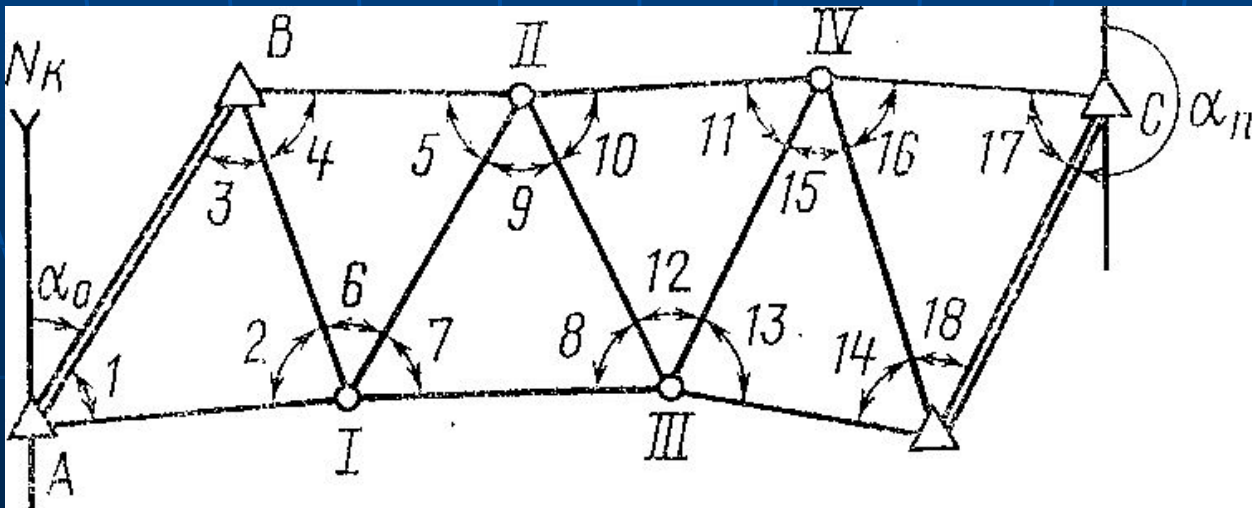
- *Национальные геодезические сети* это геодезические сети, обеспечивающую определение координат и высот на территории государства в единой системе.
- *Национальные геодезические сети* подразделяются на три вида:
 - государственную геодезическую сеть (плановую);
 - государственную нивелирную сеть (высотную);
 - государственную гравиметрическую сеть.

Государственная геодезическая сеть

Предусматривает определение с наивысшей точностью взаимного положения геодезических пунктов в плановом отношении на избранной поверхности (на референц-эллипсоиде или плоскости); высоты пунктов сети определяются с гораздо более низкой точностью, особенно в горных районах.

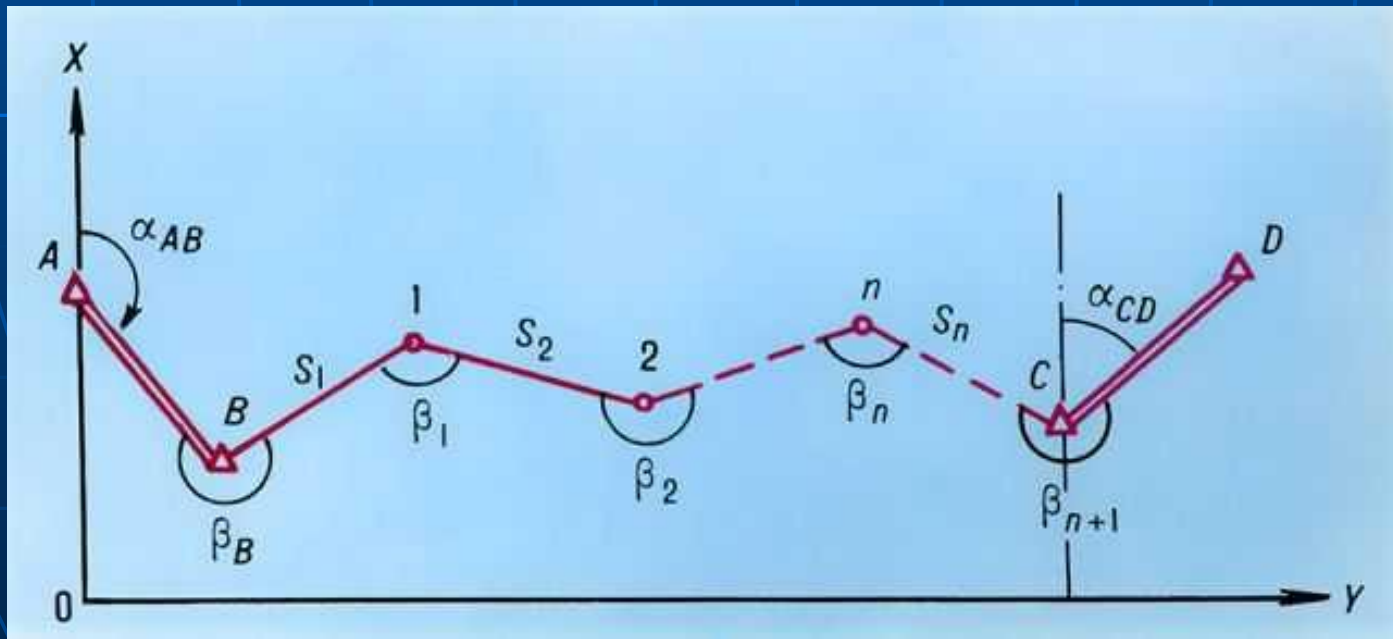
Построение государственной геодезической сети

- **Метод триангуляции.** На командных высотах местности закрепляют систему геодезических пунктов, образующих сеть треугольников. В этой сети для определения координат пунктов измеряют с высокой точностью горизонтальные углы в каждом треугольнике, а также длины и азимуты базисных сторон.
- **Базисной называется** сторона треугольника триангуляции, длина которой определена из непосредственных измерений и служит исходной для определения длин других сторон.



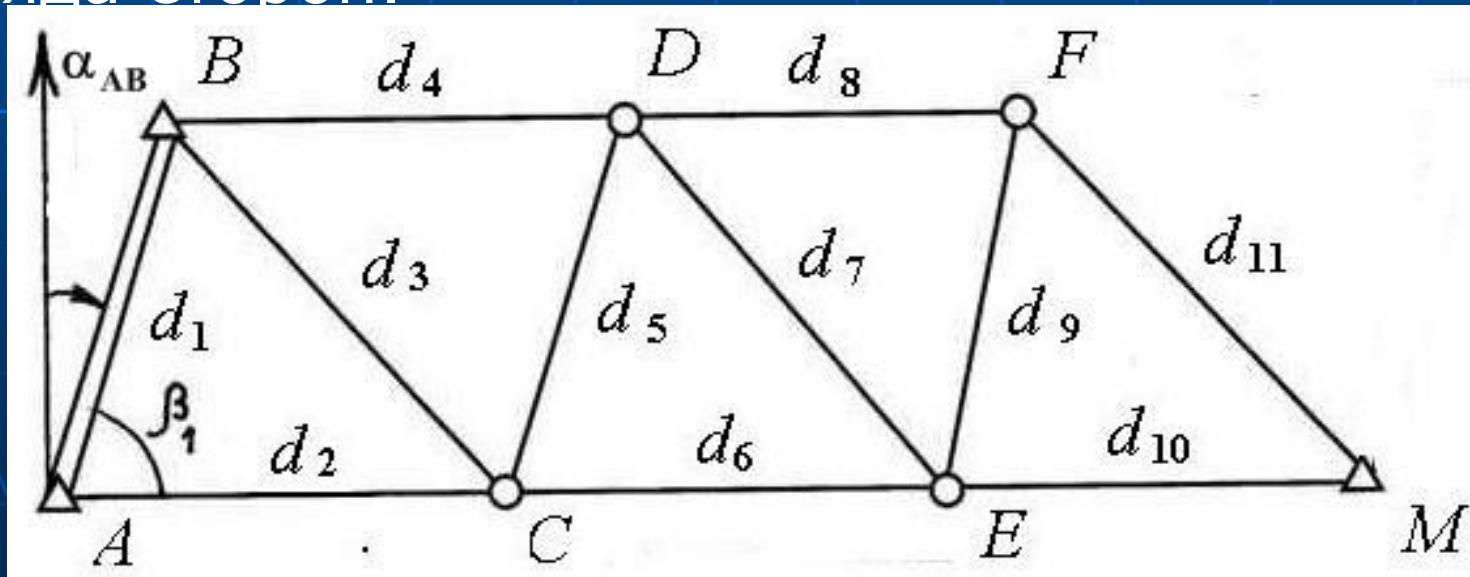
Построение государственной геодезической сети

- **Метод полигонометрии.** На местности закрепляют систему геодезических пунктов, образующих вытянутый одиночный ход или систему пересекающихся ходов, образующих сплошную сеть. Измеряют длины сторон, а на пунктах — углы поворота.



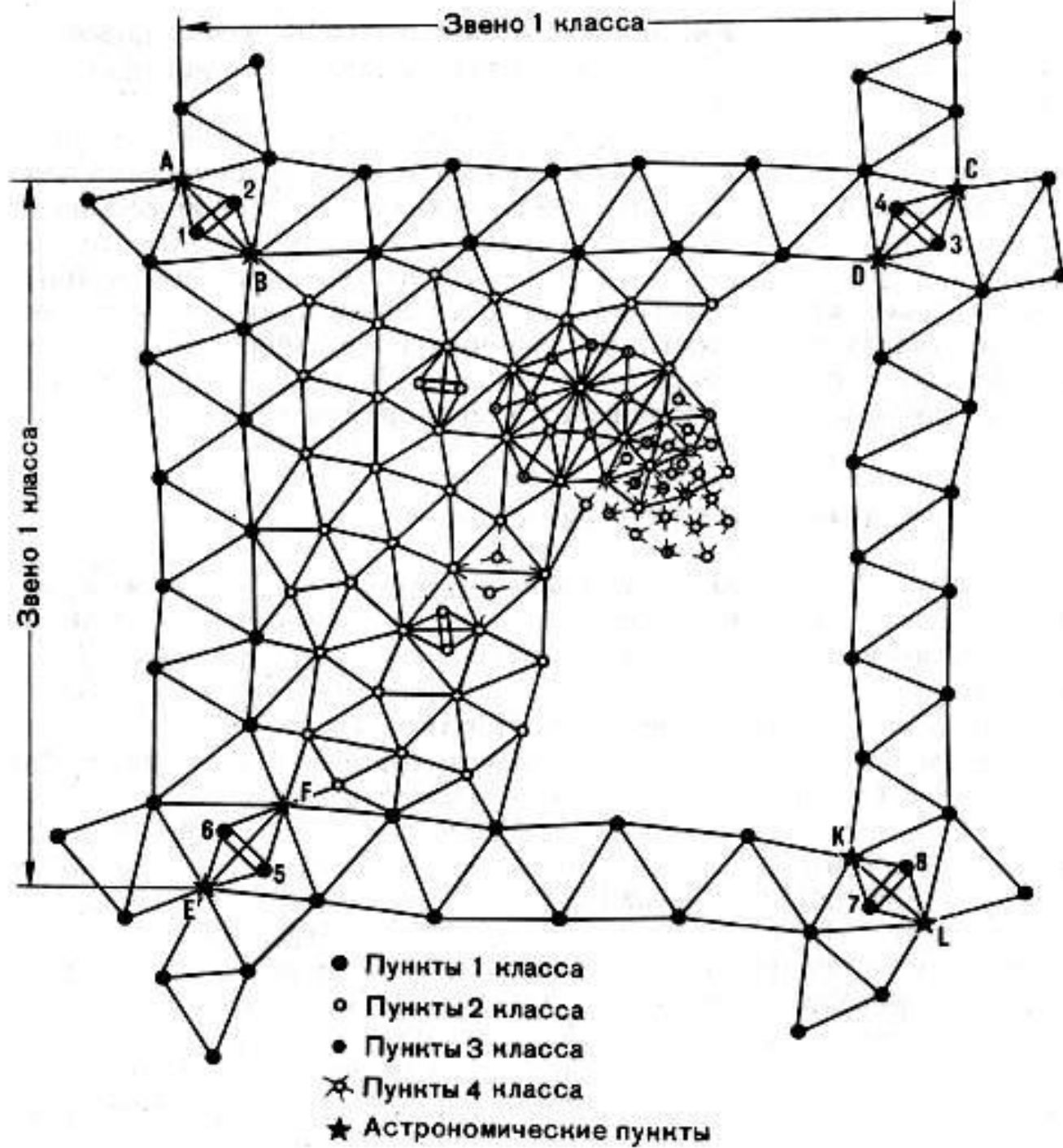
Построение государственной геодезической сети

- **Метод трилатерации.** Сеть треугольников, в которых измеряются не углы, а длины сторон. В трилатерации, как и в триангуляции, для ориентирования сетей на местности должны быть определены азимуты ряда сторон.



Государственная геодезическая сеть

- **Государственная геодезическая сеть** (ГГС) представляет собой совокупность геодезических пунктов, расположенных равномерно по всей территории и закрепленных на местности специальными центрами, обеспечивающими их сохранность и устойчивость в плане и по высоте в течение длительного времени.
- Построение ГГС осуществляется в соответствии с принципом перехода от общего к частному. ГГС подразделяется на сети 1, 2, 3 и 4 классов, различающиеся между собой точностью измерения углов и расстояний, длиной сторон сети и очередностью последовательного развития. Основной является геодезическая сеть 1 класса, создаваемая в виде полигональной астрономо-геодезической сети; предназначается она для научных исследований, связанных с изучением форм и размеров Земли. Внутри полигонов 1 класса строится сплошная сеть 2 класса. Геодезические сети 2 класса являются основой для развития сетей 3 и 4 классов.



Звено 1 класса

Звено 1 класса

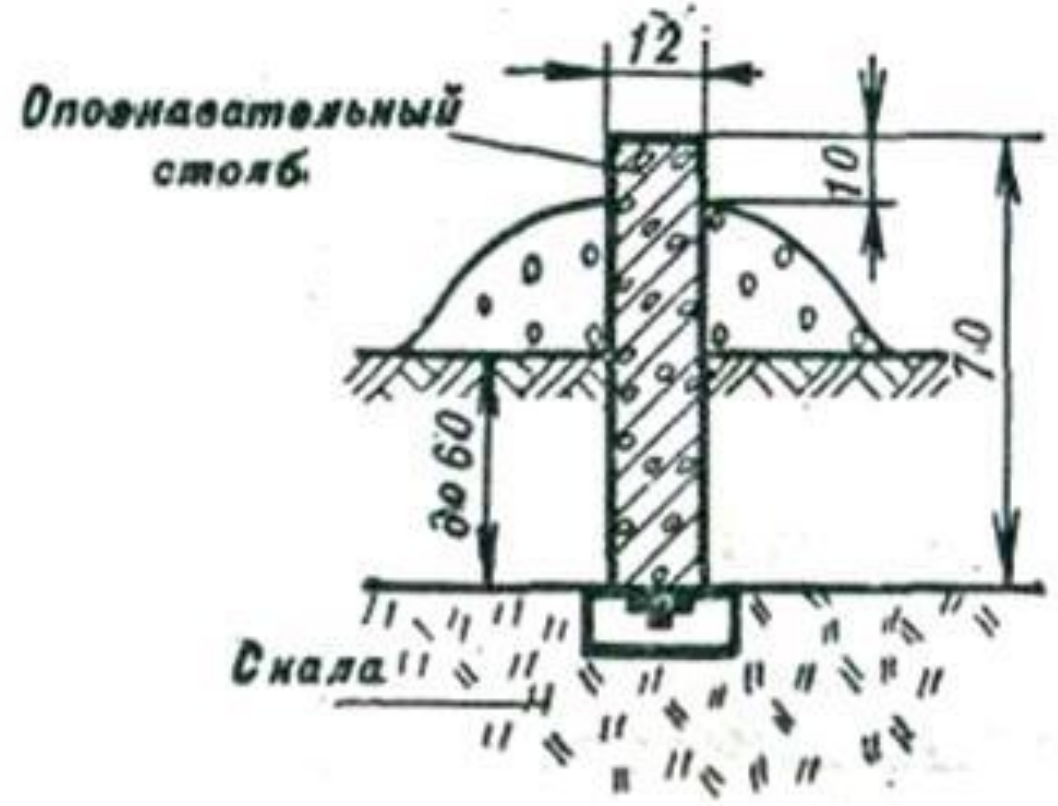
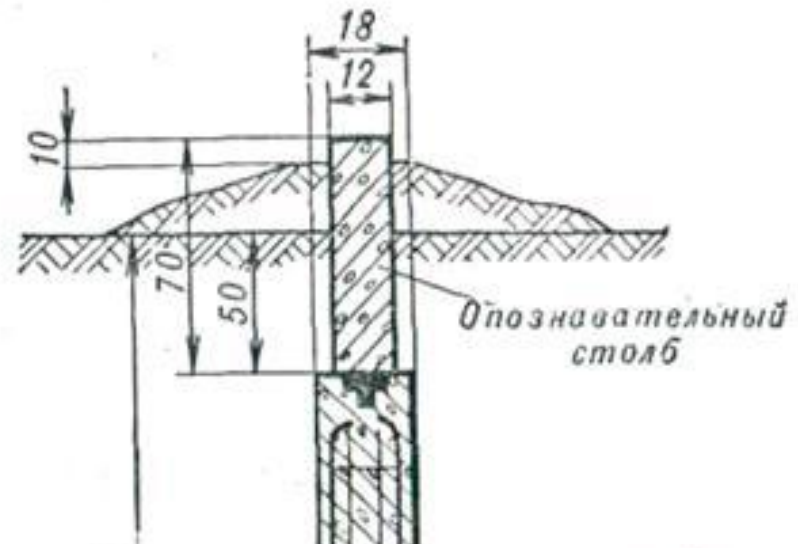
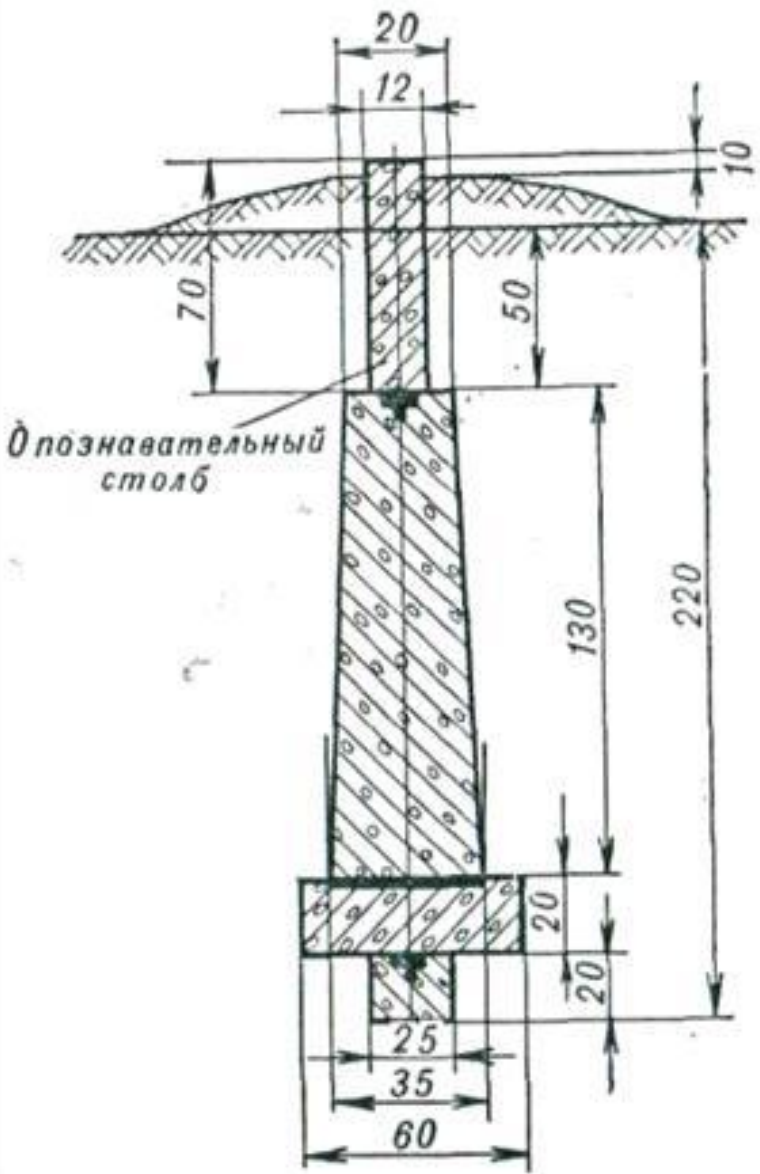
- Пункты 1 класса
- Пункты 2 класса
- Пункты 3 класса
- ✱ Пункты 4 класса
- ★ Астрономические пункты

Основные характеристики триангуляции 1, 2, 3 и 4-го классов

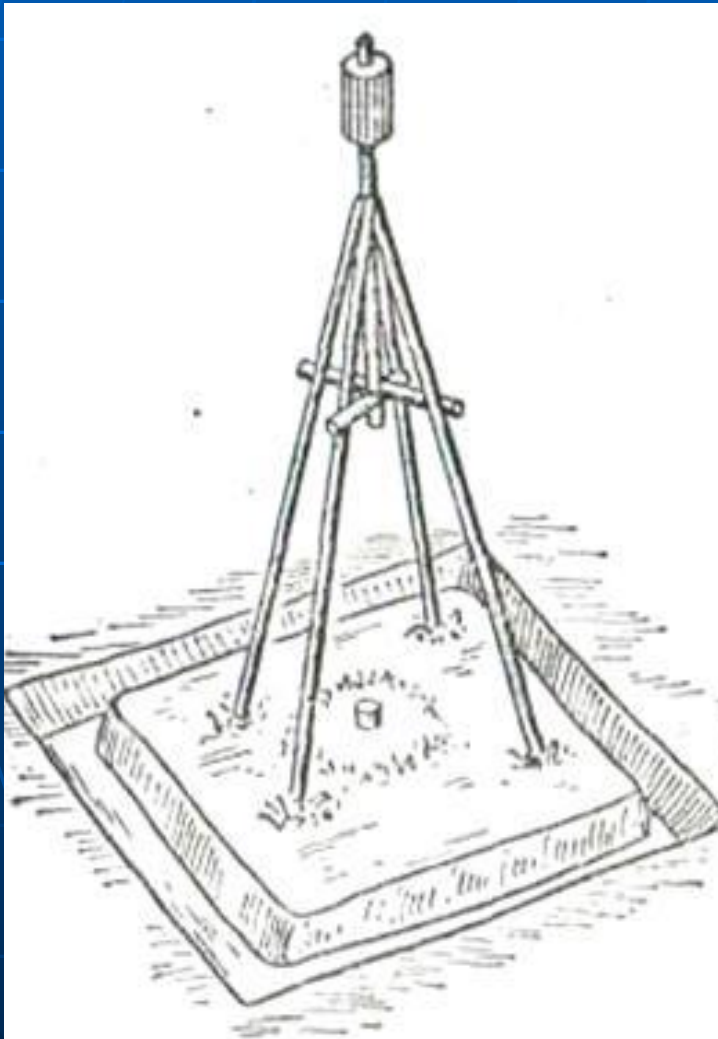
Класс триангуляции	Длины сторон, км	Допустимая средняя квадратическая погрешность измерения углов	Допустимая невязка в треугольниках	Допустимая относительная погрешность базисной (выходной) стороны
1	20–25	0,7"	3,0"	1:400 000
2	7–20	1,0"	4,0"	1:300 000
3	5–8	1,5"	6,0"	1:200 000
4	2–5	2,0"	8,0"	1:200 000

Центры и знаки геодезической сети

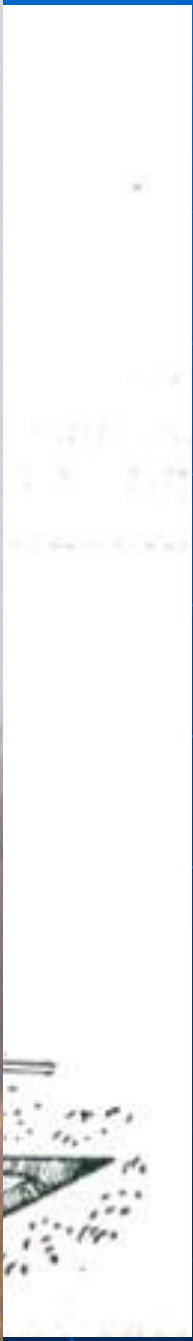
- Каждый пункт государственной геодезической сети имеет *центр* и *геодезический знак*.
- Центр служит для закрепления на местности пункта на длительное время и для обозначения точки, относительно которой определяются и указываются в каталогах координаты и высоты, а также дирекционные углы направлений.
- Геодезический знак служит объектом визирования при наблюдении с соседних пунктов и для установки приборов при измерениях. Знак, как правило, имеет визирную цель, столик для установки приборов и площадку для наблюдателя.



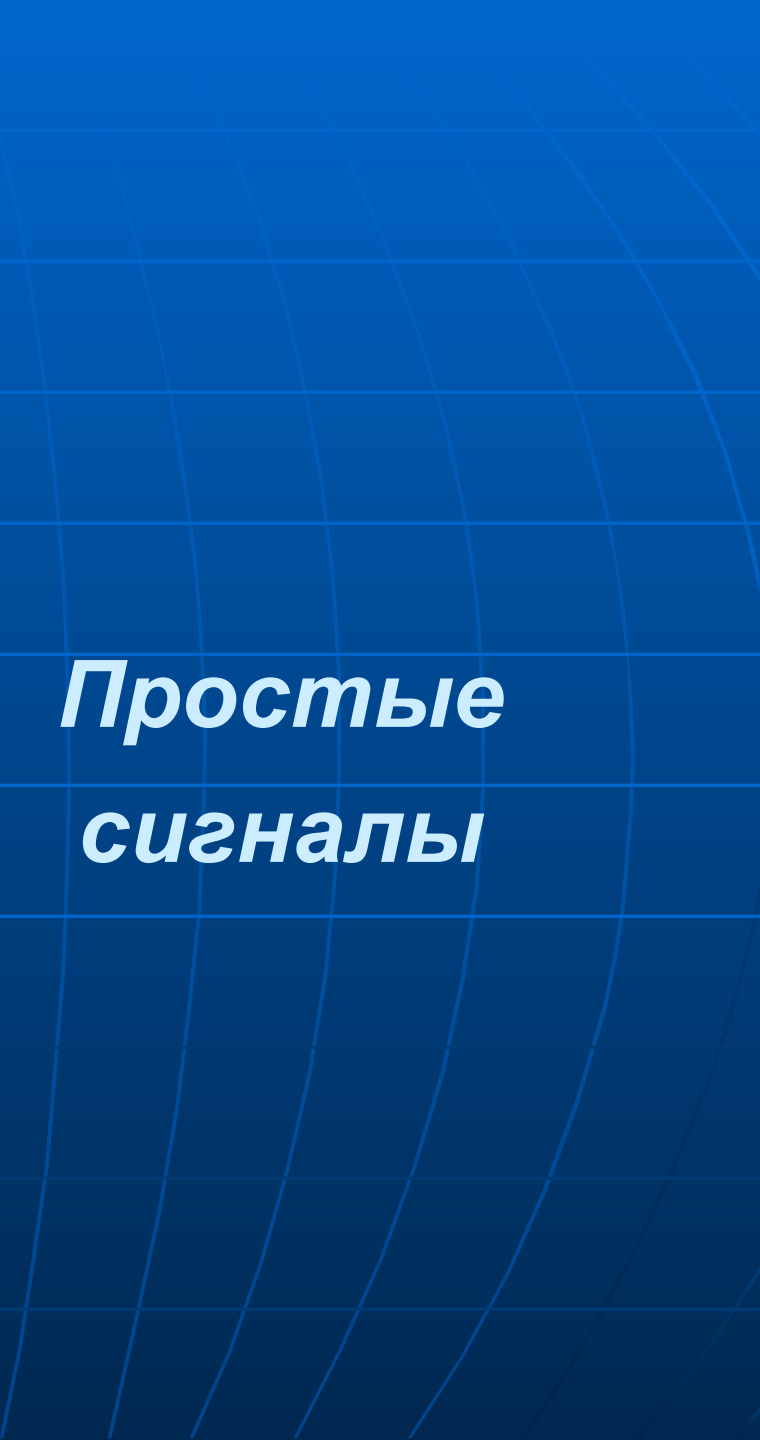
Геодезические знаки бывают трех основных видов:
пирамиды, простые сигналы и сложные сигналы.

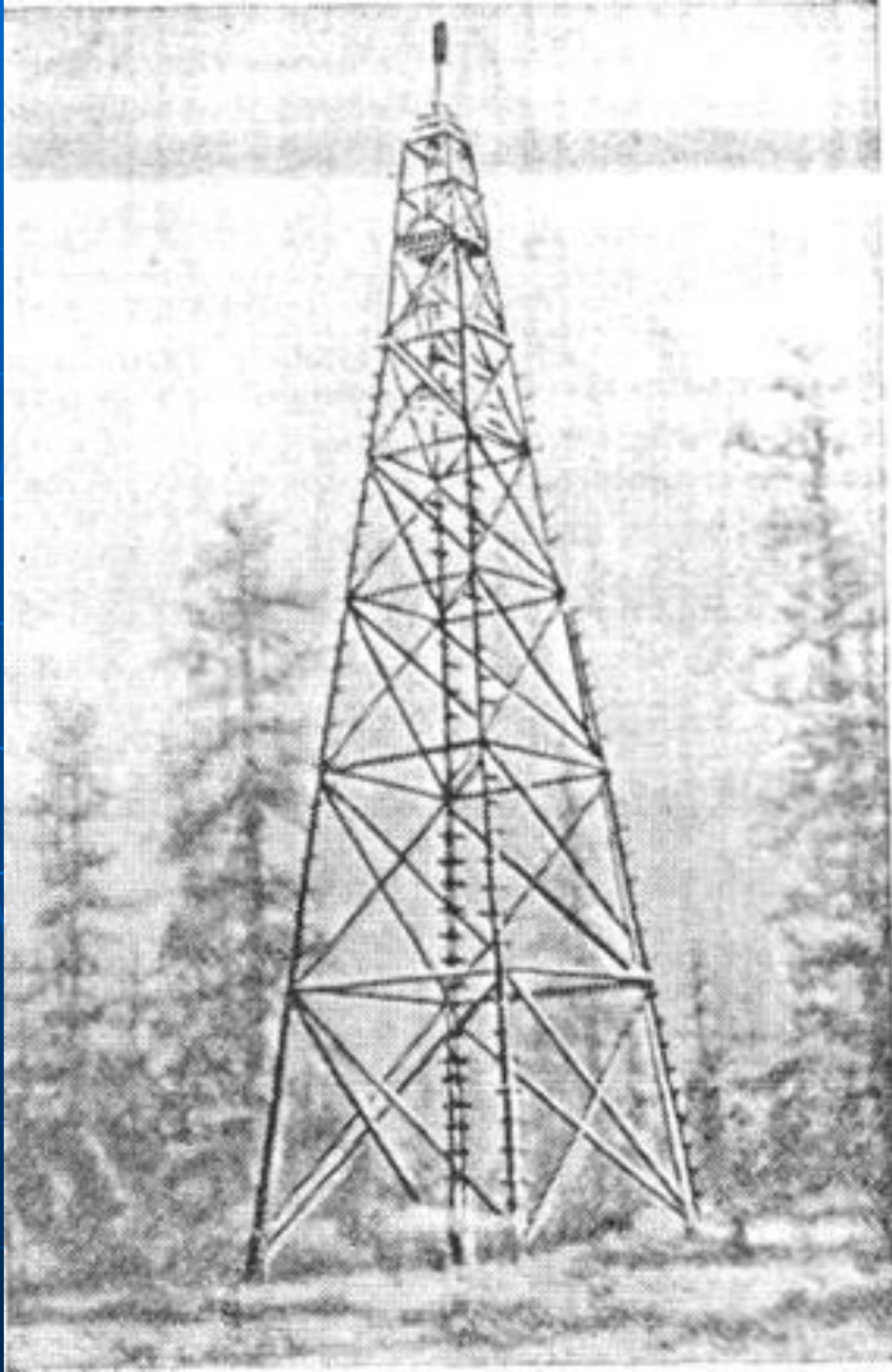


пирамида

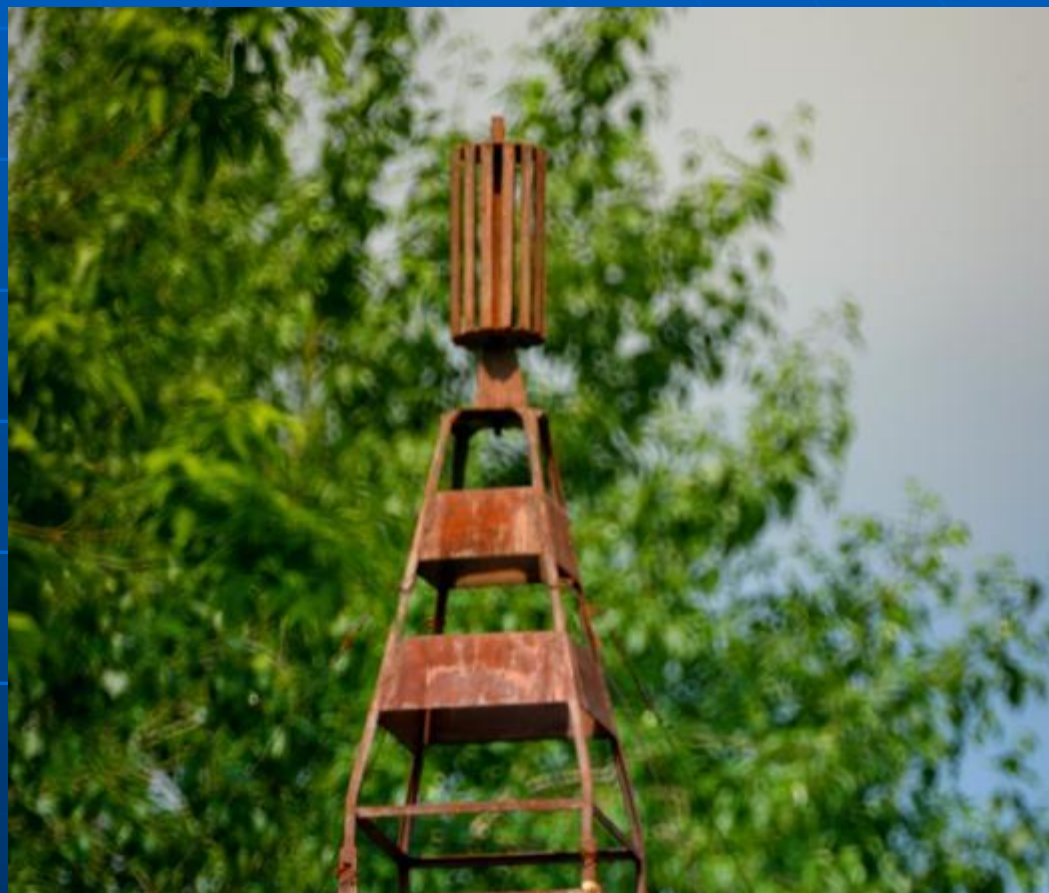
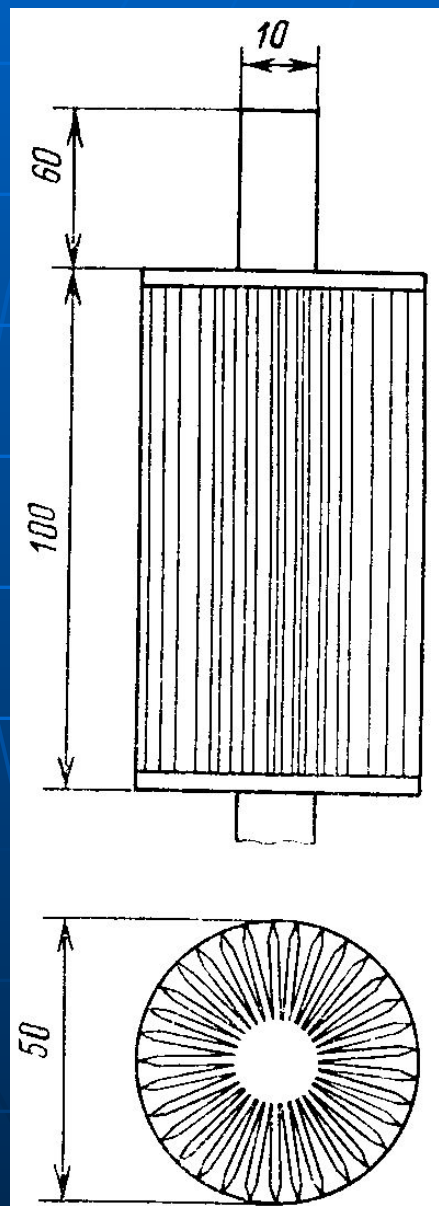


Простые сигналы





Визирный цилиндр



Государственная нивелирная сеть

Совокупность размещенных на территории государства и закрепленных на местности геодезических пунктов, высоты которых определены в единой системе от одного исходного пункта, принятого за начало счета высот.

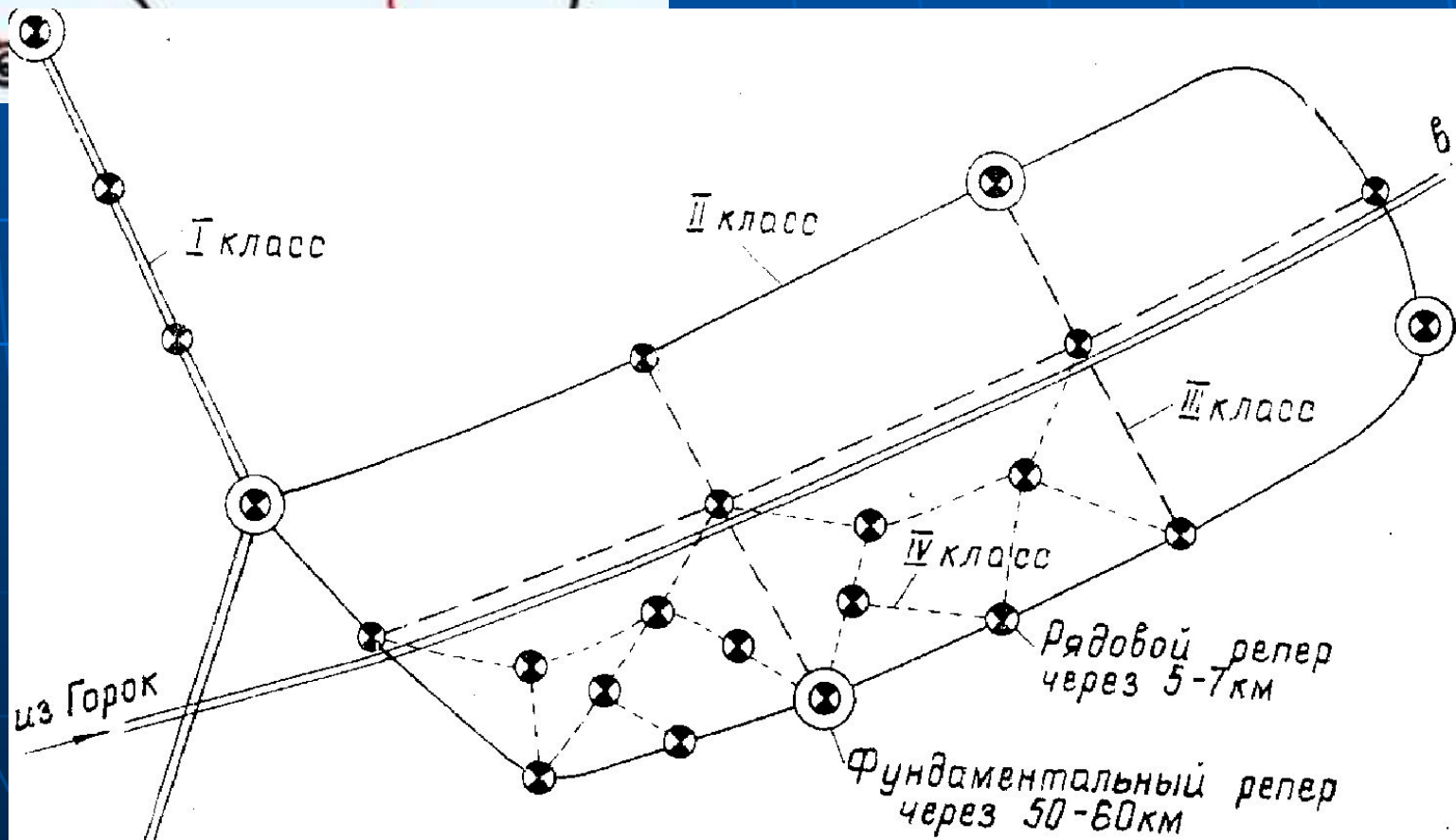
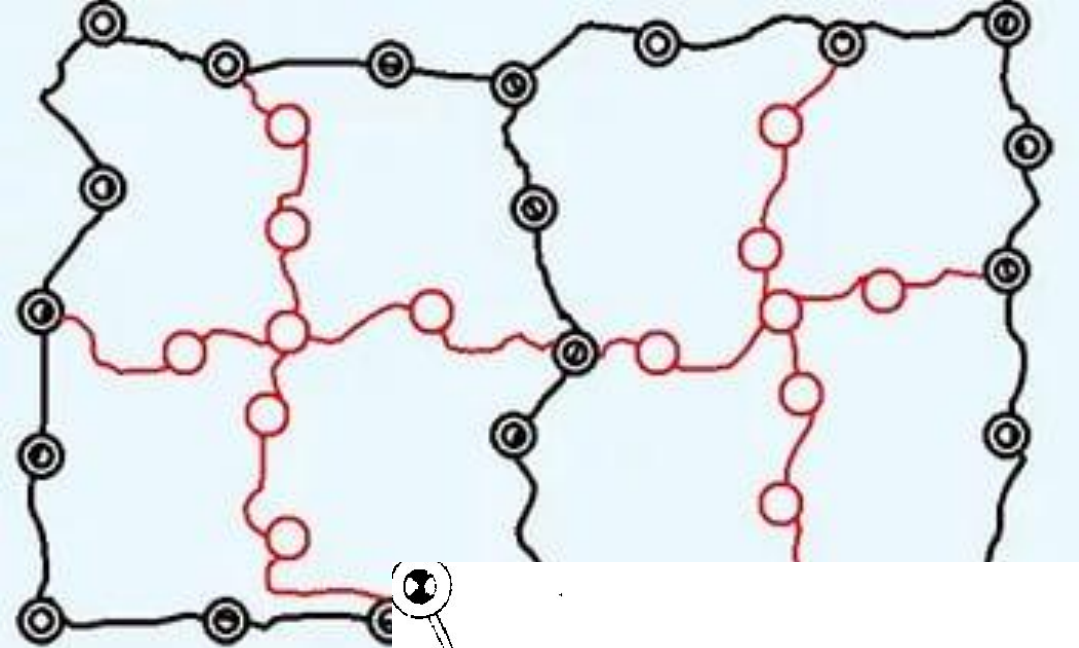
Пункты высотной сети называют **реперами**.

Государственная нивелирная сеть

Государственная нивелирная сеть строится по принципу перехода от общего к частному и подразделяется на четыре класса (I – IV).

Высоты реперов всех государственных нивелировок пока способом геометрического нивелирования.

Один класс нивелирной сети от другого отличается точностью полевых измерений, программой построения и решаемыми задачами.



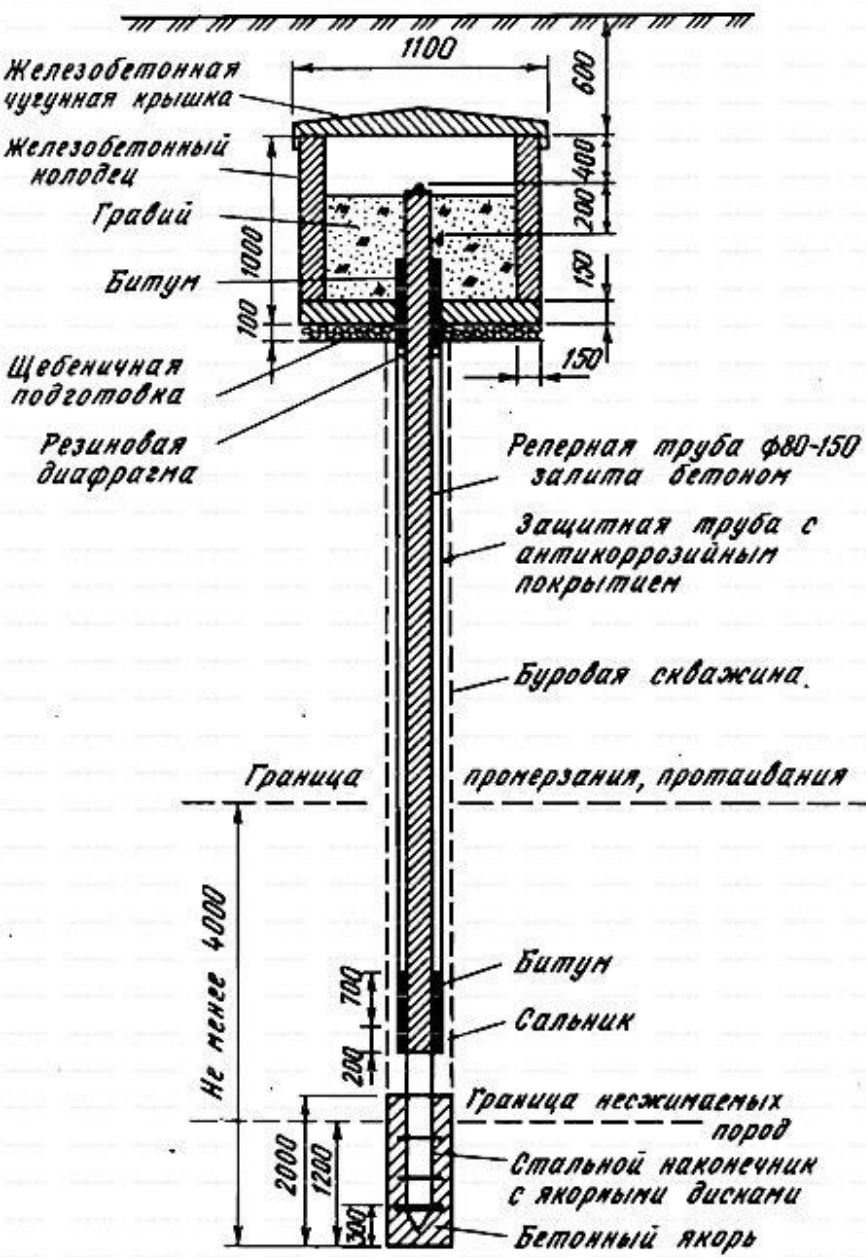
Закрепление пунктов нивелирной сети

- Государственная нивелирная сеть всех классов закрепляется на местности реперами или марками через 5-7 километров вдоль соответствующих ходов.
- *Различают следующие виды реперов:*
 - *рядовые,*
 - *фундаментальные,*
 - *вековые.*

- **Вековые репера** устанавливаются только вдоль нивелирных ходов I класса. Глубина их закладки и тип центра выбираются индивидуально для каждого конкретного района работ.
- **Фундаментальными реперами** закрепляются нивелирные хода I и II классов примерно через каждые 60 километров. Якорь такого репера должен располагаться на глубине не менее, чем 1 метр ниже линии наибольшего промерзания грунта зимой (или его оттаивания летом в районах вечной мерзлоты).
- **Рядовые грунтовые репера** принципиально не отличаются от подземных центров, которые устанавливаются на пунктах ГГС. Кроме грунтовых могут применяться **стенные репера и марки**, которые закладываются на цементном растворе в стены зданий и сооружений.

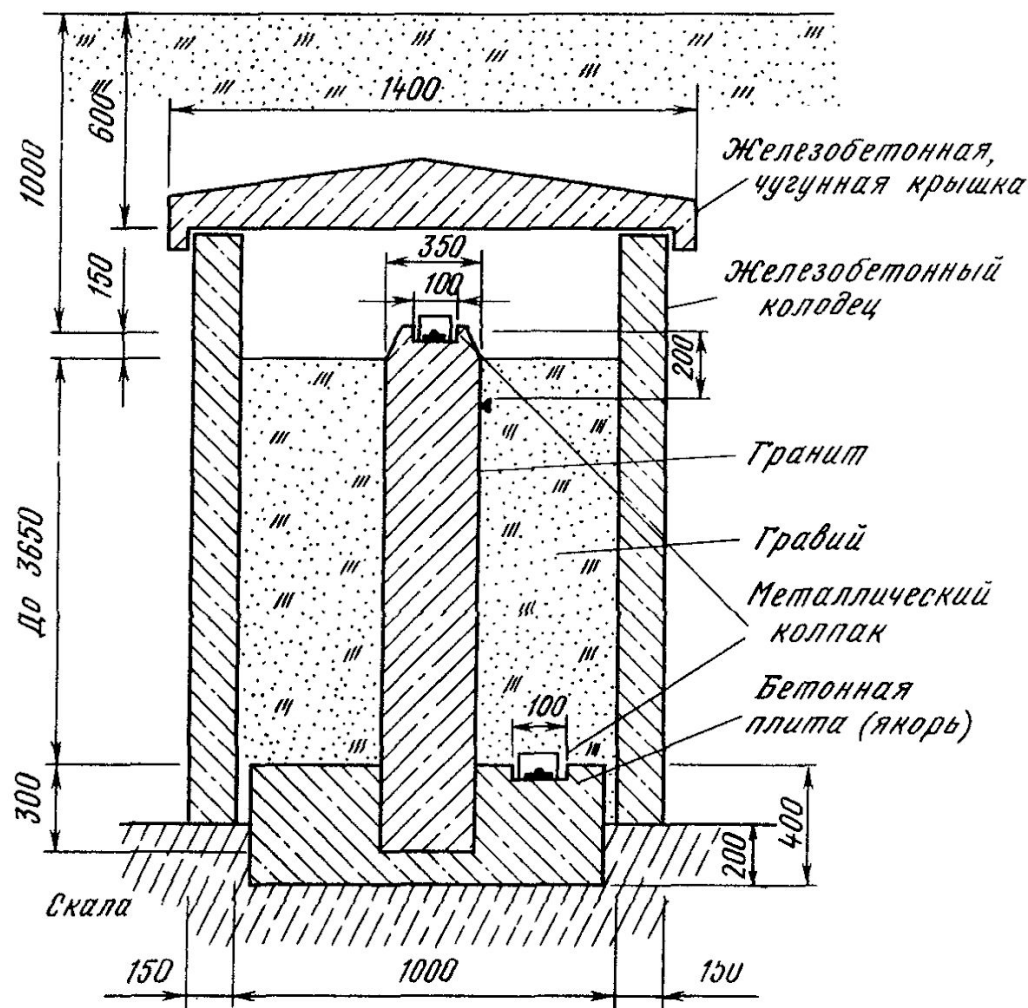
Вековой трубчатый репер.

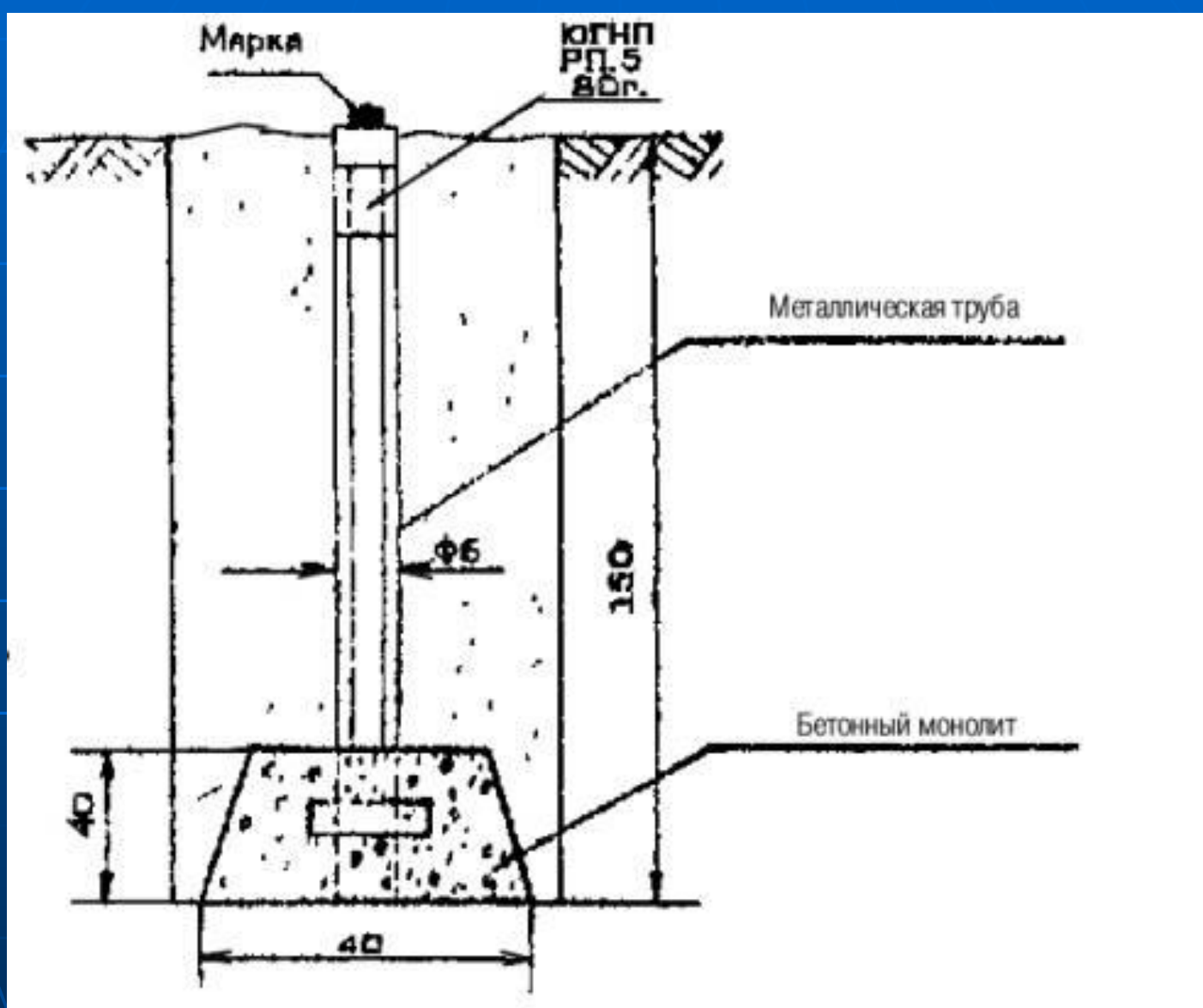
Тип 175к

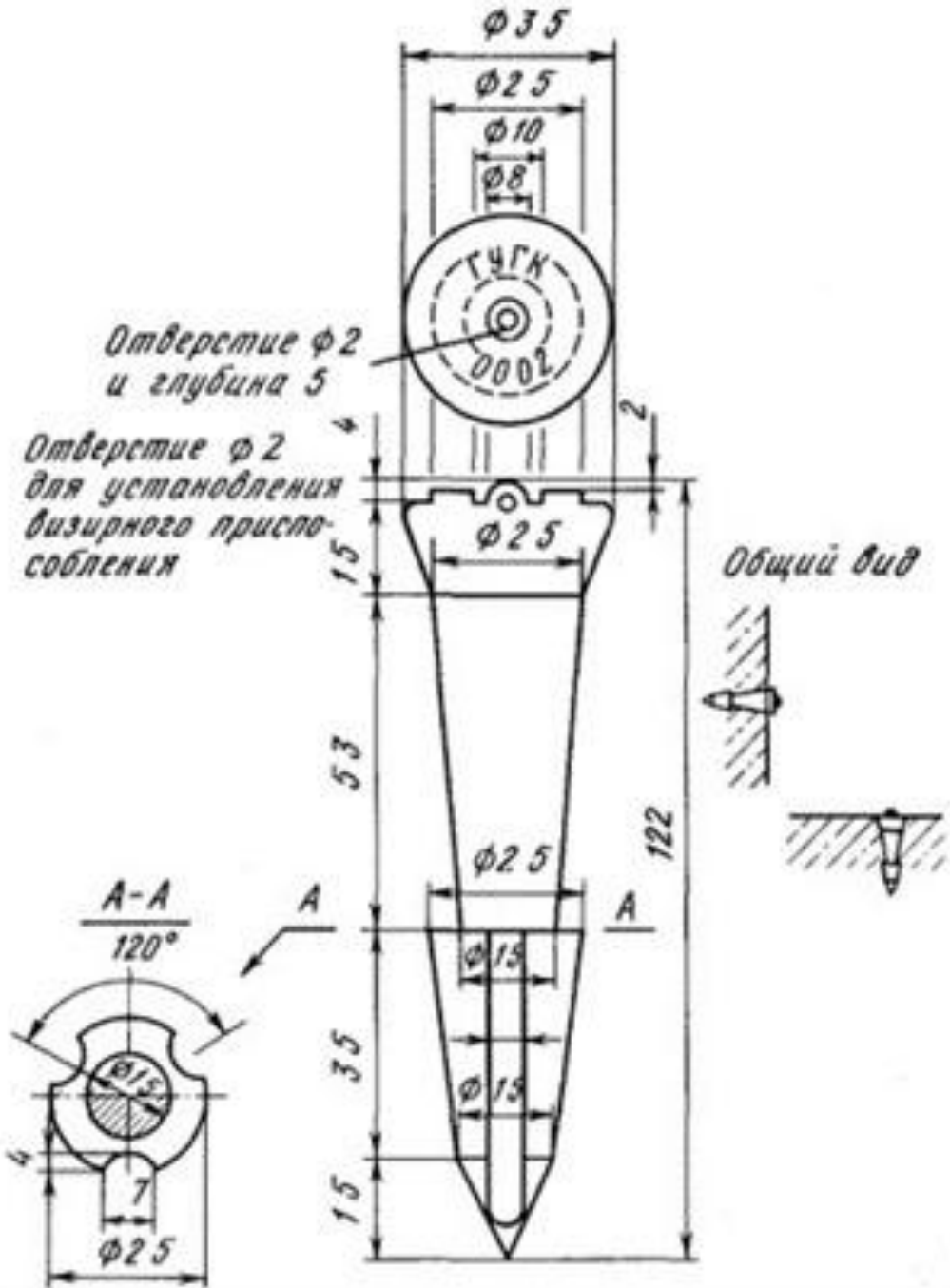


Вековой репер для скальных грунтов.

Тип 174к







Геодезические сети сгущения (ГСС)

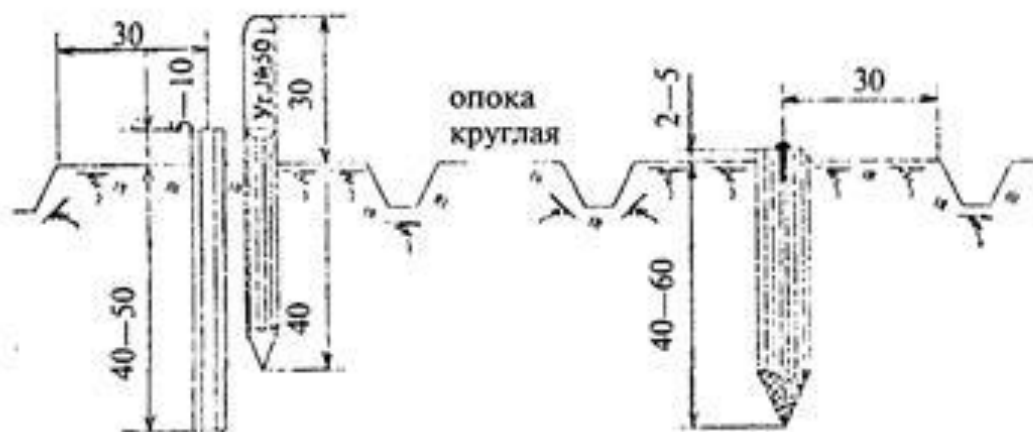
- Геодезические сети сгущения (ГСС) развиваются в отдельных районах при недостаточной плотности пунктов ГГС, например, при городском, промышленном и транспортном строительстве а также при крупномасштабных топографических съёмках.
- Создаются методами триангуляции и полигонометрии 1 и 2 разрядов развиваются относительно пунктов государственной геодезической сети 1 – 4 классов.
- Базисные стороны в сетях триангуляции 1 и 2 разрядов измеряются дальномерами, а углы – точными теодолитами.
- Высотные сети сгущения создаются методом нивелирования IV класса или техническим нивелированием.

Класс (разряд) сети	Длина стороны, км	Средняя квадратическая ошибка измеренного угла, угл. с	Относительная средняя квадратическая ошибка исходной стороны	Относительная средняя квадратическая ошибка слабой стороны
3 кл.	5 — 8	1,5	1 : 200000	1 : 100000
4 кл.	2 — 5	2,0	1 : 200000	1 : 70000
1 р.	0,5 — 5	5,0	1 : 50000	1 : 20000
2 р.	0,25 — 3	10,0	1 : 20000	1 : 10000

Съёмочные геодезические сети.

- Представляет собой сеть пунктов, которые используются в качестве станций при съёмке ситуации и рельефа. Густота таких пунктов и способ их построения зависят от масштаба и методики съёмки, а также от характера местности. Исходными данными для построения съёмочной геодезической основы служат пункты и стороны опорных сетей.
- Предельная погрешность определения координат точек съёмочной основы относительно исходных пунктов не должна превышать 0.2 мм в масштабе съёмки, т.е. 10, 20, 40, 100 см в масштабах соответственно 1:500, 1:1000, 1:2000, 1:5000. для неблагоприятных условий местности (залесённая или изрытая поверхность) эти допуски увеличиваются в полтора раза.
- Построение съёмочной сети выполняют путём проложения теодолитных, нивелирных, теодолитно-нивелирных, теодолитно-высотных, тахеометрических, рядов микро-триангуляции и т.д.
- Точки съёмочной сети закрепляют на местности обычно временными центрами.

Типы знаков временного закрепления съемочных сетей (плановых и высотных)



1. Металлическая труба, кованый гвоздь со стержнем

2. Свайка



Деревянный столб

Крест (краской) на валуне

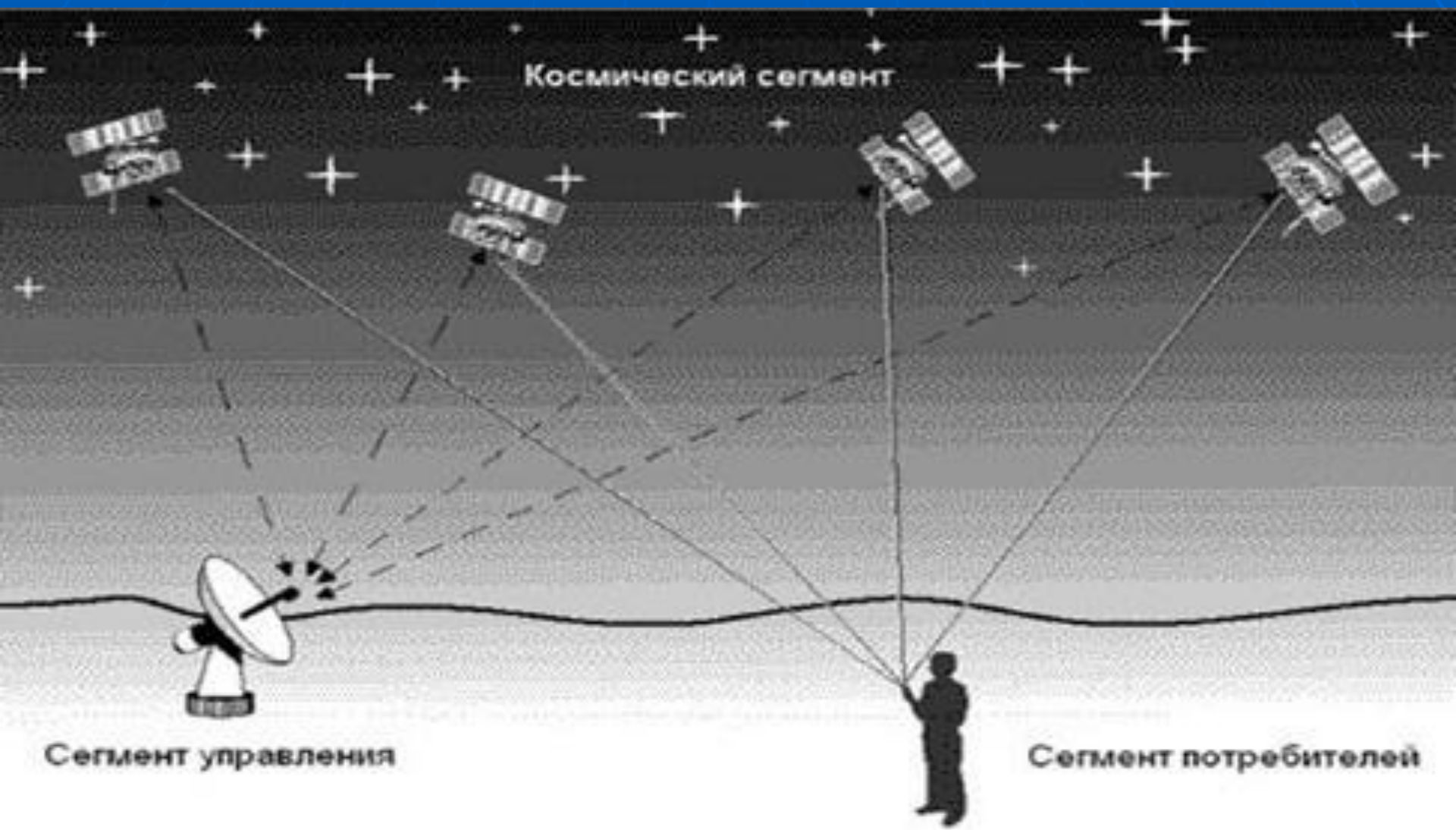
Штырь, кованый гвоздь в пне

Спутниковые методы ГЛОНАСС/GPS

Традиционные геодезические методы основаны на последовательном развитии геодезических сетей путем угловых и линейных измерений, требующих для обеспечения прямой видимости между смежными пунктами постройки геодезических знаков, сооружение которых потребовало около 80% средств, затраченных на создание существующих опорных сетей.

Использование в ходе проведения геодезических работ GPS технологий позволяет в десятки раз увеличить производительность труда сотрудников. Сантиметровый уровень точности полученных данных на порядок повышает результативность проведенных работ, снижает срок их выполнения в разы в сравнении со временем выполнения аналогичных операций, используя традиционные технологии. При этом полученные результаты не зависят от погоды, времени суток, могут выполняться при отсутствии прямой видимости.

Структуры систем GPS и ГЛОНАСС



Спутниковые методы ГЛОНАСС/GPS



Спутниковые методы ГЛОНАСС/GPS



Базовая станция



Ровер



**Базовая линия
(расстояние)**

**точка с
известными
координатами**

**Точка съемки
(точка с неизвестными
координатами)**

Схема расположения приемников GPS.

Постоянно действующие базовые станции



Методы GPS измерений в геодезии

- **Статические методы** измерения являются более точными, но и требуют наибольших временных затрат. Время на одном определяемом пункте может колебаться от 30 минут до нескольких часов, в зависимости от необходимой точности и внешних условий. При данной методике измерений все GPS приемники стоят неподвижно на точках с известными координатами и на определяемых точках. Статические методы измерения обычно используются при создании геодезических сетей различного класса (государственная геодезическая сеть, городская геодезическая сеть, опорная геодезическая сеть и т. д.).
- **Кинематические методы** измерения менее точны чем статические, и используется в основном для производства топографической съемки. Время производства измерений на одном определяемом пункте в среднем будет занимать не более минуты. При данной методике измерений один GPS приемник (базовый) стоит на точке с известными координатами, а второй GPS приемник (ровер) передвигается от точки к точке. Если на оба приемника, базу и ровер, установить радиомодем или GSM модем, то появится возможность использовать режим кинематики в реальном времени (Real Time Kinematics). Режим RTK позволяет получить координаты и приращения координат непосредственно в момент измерения с высокой точностью, при чем время стояния приемника на точке занимает несколько

Краткая теория погрешностей

Погрешности и их виды

- Отклонение измеренного значения величины от её истинного значения называется погрешностью измерения.
- Погрешности, происходящие от отдельных факторов, называют элементарными.
- Погрешности результата измерения являются алгебраической суммой элементарных погрешностей.

- По характеру действия погрешности бывают:
 - грубые;
 - систематические;
 - случайные.
- По источнику происхождения различают:
 - погрешности приборов;
 - внешние;
 - личные.
- По характеру представления различают:
 - Абсолютную погрешность;
 - Относительную погрешность

Виды погрешностей по характеру действия

- Грубыми называют погрешности, превосходящие по абсолютной величине некоторый установленный для данных условий измерений предел. Они происходят в большинстве случаев в результате промахов и просчетов исполнителя.
- Погрешности, которые по знаку или величине однообразно повторяются в многократных измерениях называют систематическими.
- Случайная погрешность — составляющая погрешности измерения, изменяющаяся случайным образом в серии повторных измерений одной и той же величины, проведенных в одних и тех же условиях. В появлении таких погрешностей не наблюдается какой-либо закономерности, они обнаруживаются при повторных измерениях одной и той же величины в виде некоторого разброса получаемых результатов. Случайные погрешности неизбежны, неустранимы и всегда присутствуют в результате измерения, однако их влияние обычно можно устранить статистической обработкой.

Виды погрешностей по источнику происхождения

- Погрешности приборов обусловлены их несовершенством, например погрешность угла, измеренного теодолитом, неточным приведением в вертикальное положение оси его вращения.
- Внешние погрешности происходят из-за влияния внешней среды, в которой протекают измерения, например погрешность в отсчете по нивелирной рейке из-за изменения температуры воздуха на пути светового луча (рефракция) или нагрева нивелира солнечными лучами.
- Личные погрешности связаны с особенностями наблюдателя, например, разные наблюдатели по-разному наводят зрительную трубу на визирную цель.

Свойства случайных погрешностей

1. При определенных условиях измерений случайные погрешности по абсолютной величине не могут превышать известного предела, называемого *предельной погрешностью*. Это свойство позволяет обнаруживать и исключать из результатов измерений грубые погрешности.
2. Положительные и отрицательные случайные погрешности примерно одинаково часто встречаются в ряду измерений, что помогает выявлению систематических погрешностей.
3. Чем больше абсолютная величина погрешности, тем реже она встречается в ряду измерений.
4. Среднее арифметическое из случайных погрешностей измерений одной и той же величины, выполненных при одинаковых условиях, при неограниченном возрастании числа измерений стремится к нулю. Это свойство, называемое *свойством компенсации*

Характеристикой точности отдельного измерения в теории погрешностей служит предложенная Гауссом средняя квадратическая погрешность m , вычисляемая по следующей формуле:

$$m = \sqrt{\frac{\sum \Delta_n^2}{n}}$$

где n — число измерений данной величины.

$$m = \sqrt{\frac{\sum \delta^2}{n-1}}$$

Формула Бесселя

Где δ отклонения отдельных значений измеренной величины от арифметической середины, называемые вероятнейшими погрешностями.

Средняя квадратическая погрешность арифметической середины

$$M = \frac{m}{\sqrt{n}}$$

- Для абсолютной величины случайной погрешности измерений существует допустимый предел, называемый предельной погрешностью. В строительных нормах предельная погрешность называется допускаемым отклонением.
- Теорией погрешностей измерений доказывается, что абсолютное большинство случайных погрешностей (68,3%) данного ряда измерений находится в интервале от 0 до $\pm m$; в интервал от 0 до $2m$ попадает 95,4%, а от 0 до $\pm 3m$ — 99,7 % погрешностей.
- Точность измерений принимают по формуле $\Delta_{пр} = t m$, где t - **нормированный коэффициент**, принимают равным 2 или 3 (иногда 2,5) в зависимости от вида и назначения работ.

Оценка точности результатов измерений

1. Находят вероятнейшее (наиболее точное для данных условий) значение измеренной величины по формуле арифметической середины $x = \sum l/n$.
2. Вычисляют отклонения $\delta = l - x$ каждого значения измеренной величины от значения арифметической середины. Контроль вычислений: $\sum \delta = 0$.
3. По формуле Бесселя вычисляют среднюю квадратическую погрешность одного измерения.
4. Вычисляют среднюю квадратическую погрешность арифметической середины.

- Значение *СКО* указывается в обозначении марки (шифре) прибора. Например, шифр **4Т30П** означает теодолит, с помощью которого можно измерить угол со средней квадратической погрешностью, не превышающей 30";
- шифр **Н-ЗК** означает нивелир, с помощью которого можно измерить превышение со средней квадратической погрешностью, не превышающей 3 мм на один километр двойного хода.

Пример расчета

№ п.п.	t, м	δ , см	δ^2 , см
1	121,75	-1	1
2	121,81	+5	25
3	121,77	+1	1
4	121,73	-3	9
5	121,70	-6	36
6	121,79	+3	9
Среднее	121,76	$\Sigma = -1$	$\Sigma = 81$

$$m_0 = \sqrt{81/(6-1)} = 4,0 \text{ см}$$

$$M = 4,0/\sqrt{6} = 1,6 \text{ см}$$

$$m_1/l = 1/3000$$

$$M/l = 1/7600$$

$$\Delta_{ар} = 12 \text{ см}$$