

ЛЕКЦИЯ 4

**«ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ
О ПОСТРОЕНИИ
ГОСУДАРСТВЕННОЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ
СЕТИ, СЕТЕЙ СГУЩЕНИЯ И
СЪЕМОЧНЫХ СЕТЕЙ»**

- 1. Общие сведения о геодезической сети.**
- 2. Государственная геодезическая сеть.**
- 3. Государственная геодезическая сеть Республики Беларусь.**
- 4. Сети сгущения и съёмочные сети.**

1. Общие сведения о геодезической сети.

Геодезическая сеть представляет собой совокупность закрепленных на местности пунктов, для которых в единой системе определены координаты и высоты.

Основной принцип построения геодезической сети – *от общего к частному*.

Он заключается в том, что вначале с высокой точностью определяется взаимное положение сравнительно небольшого числа пунктов, расположенных на большой территории. Затем, используя эти пункты, переходят к построению более густой сети меньшей точности.

Такой метод позволяет быстро распространить единую координатную систему на большие территории.

Геодезические сети могут быть *плановыми, высотными* или *одновременно теми и другими.*

Плановая сеть устанавливает взаимное положение точек на плоскости или на поверхности земного сфероида. Создается она методами *триангуляции, полигонометрии, трилатерации и GPS.*

При методе *триангуляции* в треугольниках измеряют все углы и минимум две стороны на разных концах сети (вторая сторона для контроля).

Остальные стороны вычисляют, используя теорему синусов. Для вычисления координат всех точек надо знать координаты хотя бы одной точки и дирекционный угол одной линии.

Метод триангуляции (от лат. *triangulum* – треугольник) был предложен голландским ученым Снеллиусом около 1610 г.

Метод полигонометрии заключается в построении сети ходов, в которых измеряются все углы и стороны. Полигонометрические ходы отличаются от теодолитных более высокой точностью измерений.

Метод трилатерации (от лат. *trilaterus* – трехсторонний) отличается от триангуляции тем, что в треугольниках измеряются не углы, а стороны. Для измерения сторон обычно используют электронные дальномеры. Углы вычисляются по измеренным сторонам, например, по теореме косинусов.

В последнее время благодаря бурному развитию космической геодезии появилась возможность определять координаты пунктов и длины линий по наблюдениям искусственных спутников Земли, так называемым GPS-методом.

GPS (*Global Positioning System*) – система глобального позиционирования. Имеет параллельное название – **NAVSTAR** (*NAVigation Satellite Timing And Ranging*).

Параллельно с американской GPS в России развивается система **ГЛОНАСС** (**ГЛО**бальная **Навигационная Спутниковая Система**).

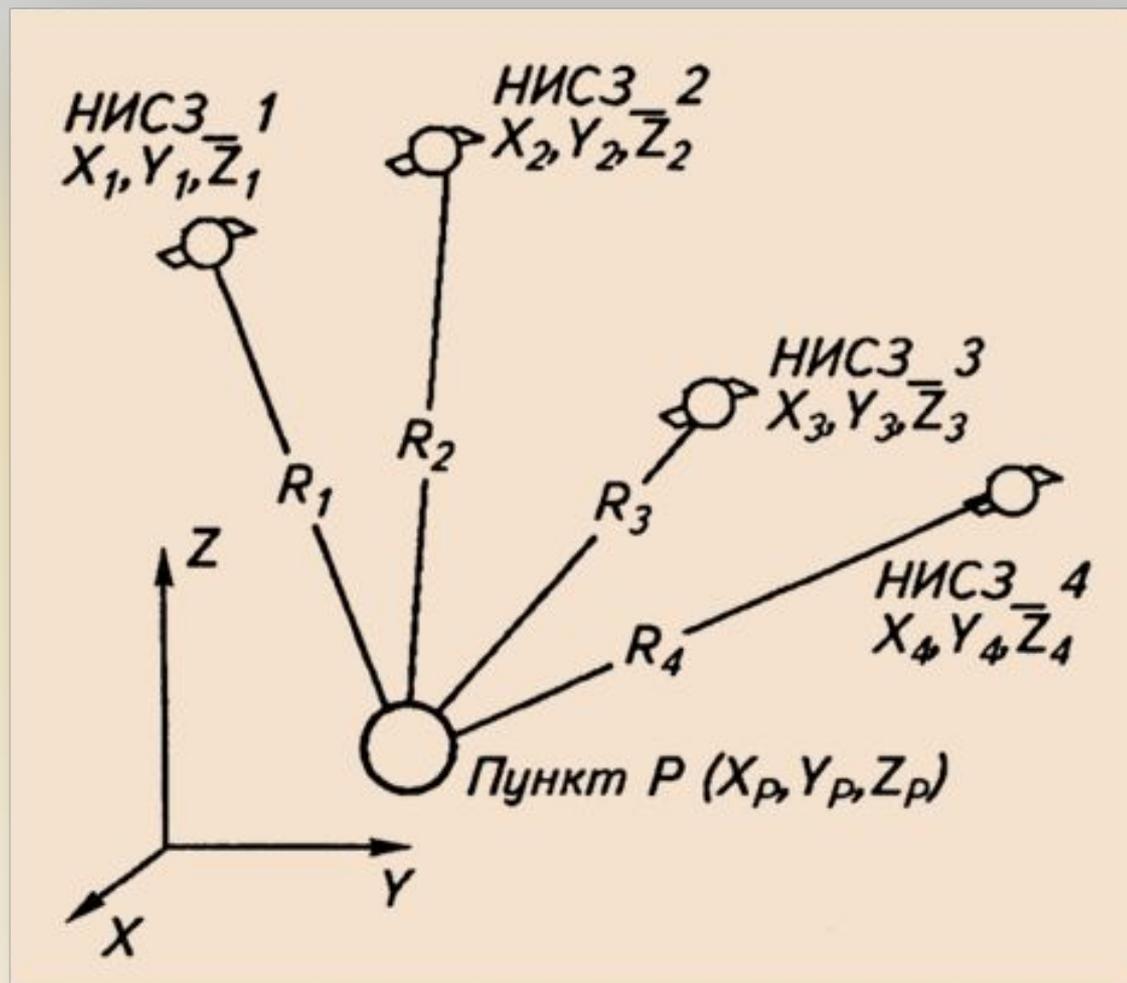


а) - ГЛОНАСС (3 орбиты по 8 спутников); **б)** - GPS (6 орбит по 4 спутника).

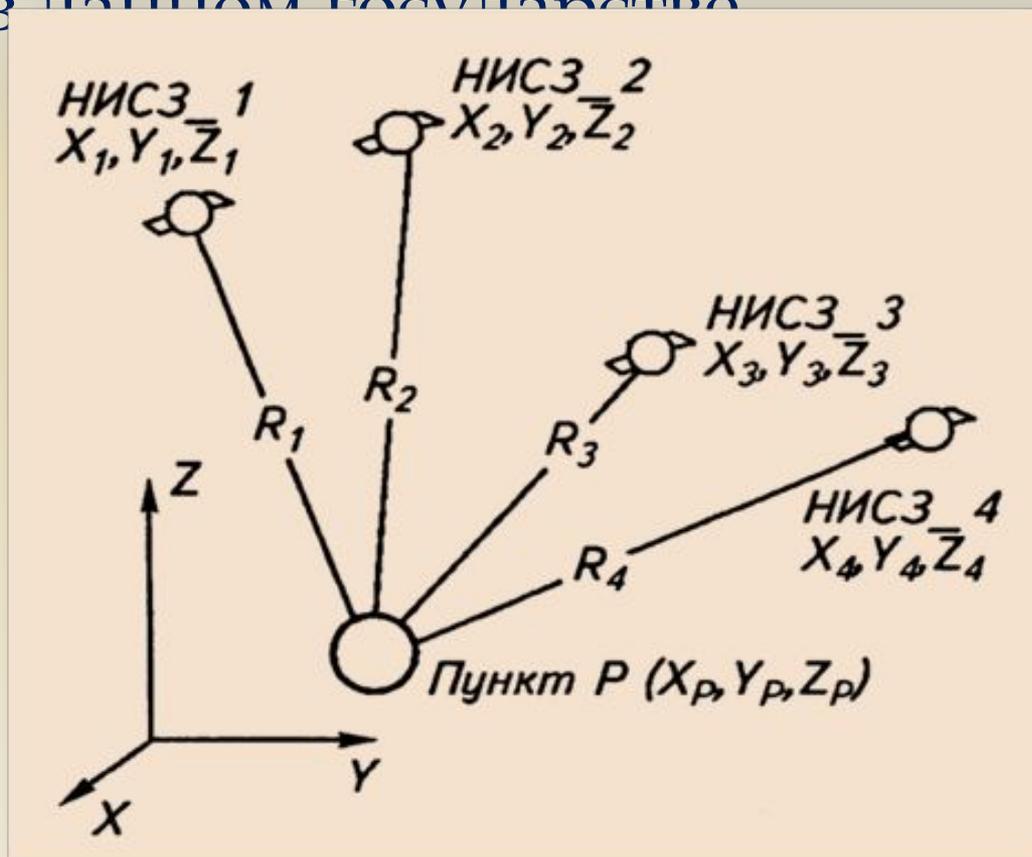
Задача определения координат пунктов GPS-методом решается следующим образом. Запускаются специальные искусственные спутники Земли на высоту 19100 км (спутник ГЛОНАСС) и 20150 км (спутник GPS) с траекториями в разных плоскостях с таким расчетом, чтобы из любой точки земной поверхности одновременно наблюдалось несколько спутников.

За спутниками постоянно ведется наблюдение с опорных пунктов. В результате для любого момента времени координаты спутников будут известными.

Для определения координат создаваемого пункта на земной поверхности устанавливают на нем приемник электромагнитных колебаний, с помощью которого одновременно измеряют расстояния до



Зная координаты спутников для данного момента времени и расстояния до них, вычисляют координаты определяемого пункта. Затем от пространственных координат в мировой системе WGS-84 переходят к системе координат, принятой в данном государстве.



Высотная геодезическая сеть создана для распространения по всей территории страны единой системы высот. Она создается методами геометрического, тригонометрического и барометрического нивелирования.

Геодезические сети подразделяются на 3 вида:

1. Государственная геодезическая сеть (ГГС).
2. Геодезические сети сгущения (ГСС).
3. Съёмочные сети.

2. Государственная геодезическая сеть.

Государственной геодезической сетью (ГГС) называют сеть закрепленных точек земной поверхности, обеспечивающей распространение единой системы координат на территорию государства и являющейся исходной для создания других геодезических сетей.

ГГС является главной геодезической основой топографических съемок всех масштабов.

Геодезическая основа Республики Беларусь реализована в виде ГГС, ранее созданной на территории бывшего СССР.

Государственная (опорная) геодезическая сеть СССР подразделялась на:

- а) сети триангуляции, полигонометрии и трилатерации **1, 2, 3 и 4 классов;**
- б) нивелирные сети **I, II, III, IV классов.**

Триангуляция 1 класса строилась в виде системы замкнутых полигонов периметром 800–1000 км. Полигоны образовывали триангуляционными рядами, которые стремились разместить в направлении меридианов и параллелей. Длина звена около 200 км.

В местах пересечения звеньев измеряли базисные стороны. На обоих концах базисных сторон определяли астрономические широты, долготы и азимуты.

В закрытых, залесенных районах звенья триангуляции могли заменяться звеньями полигонометрии 1 класса

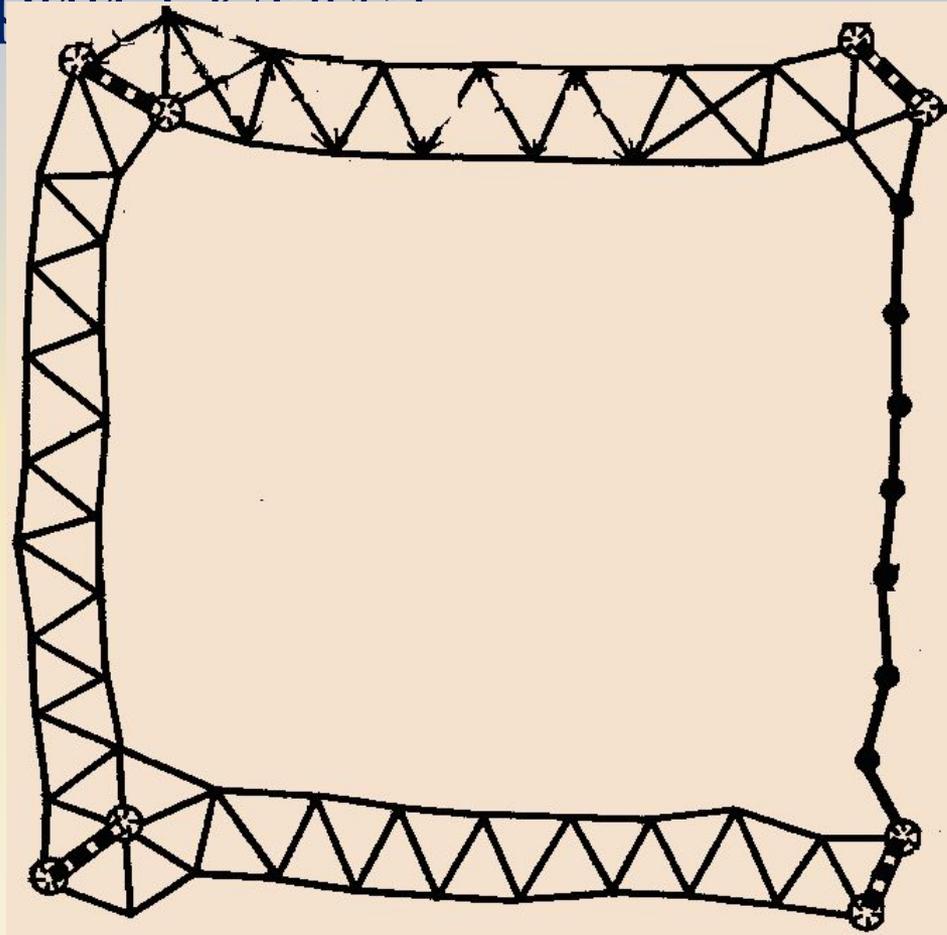
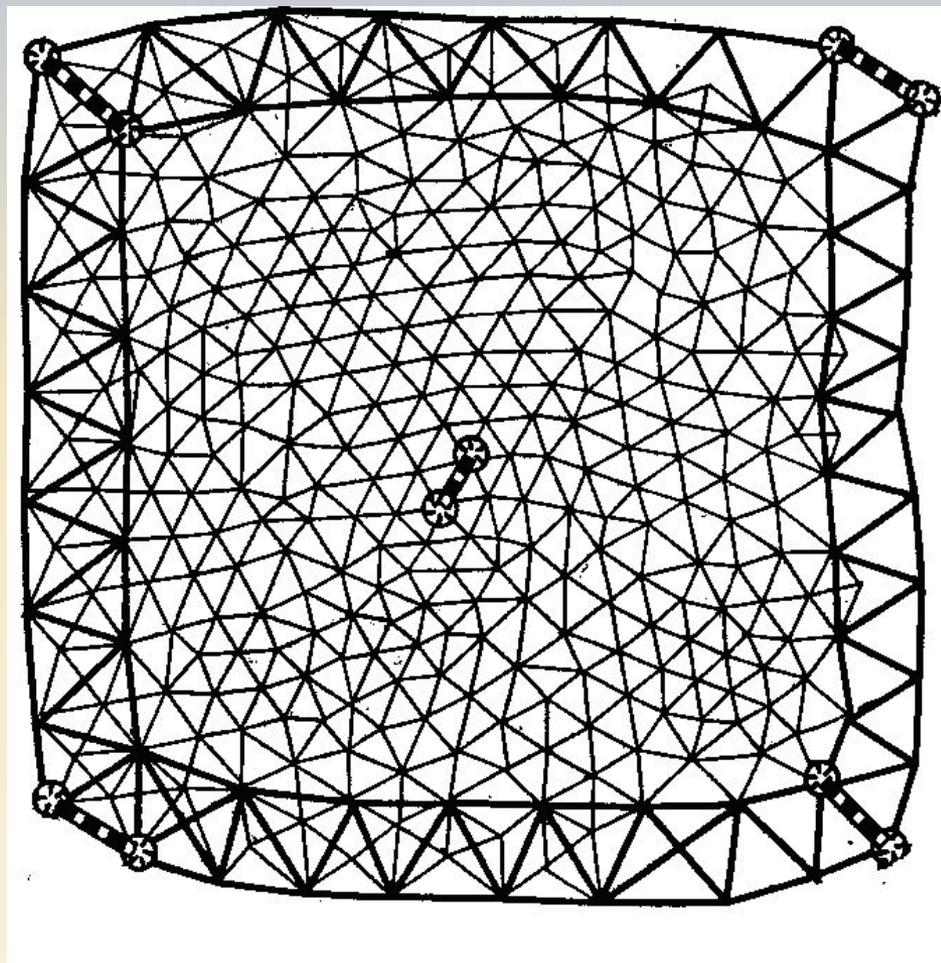


Схема построения триангуляции 1 класса

Триангуляция 2 класса строилась в виде сплошных сетей треугольников, заполняющих полигоны триангуляции 1 класса.

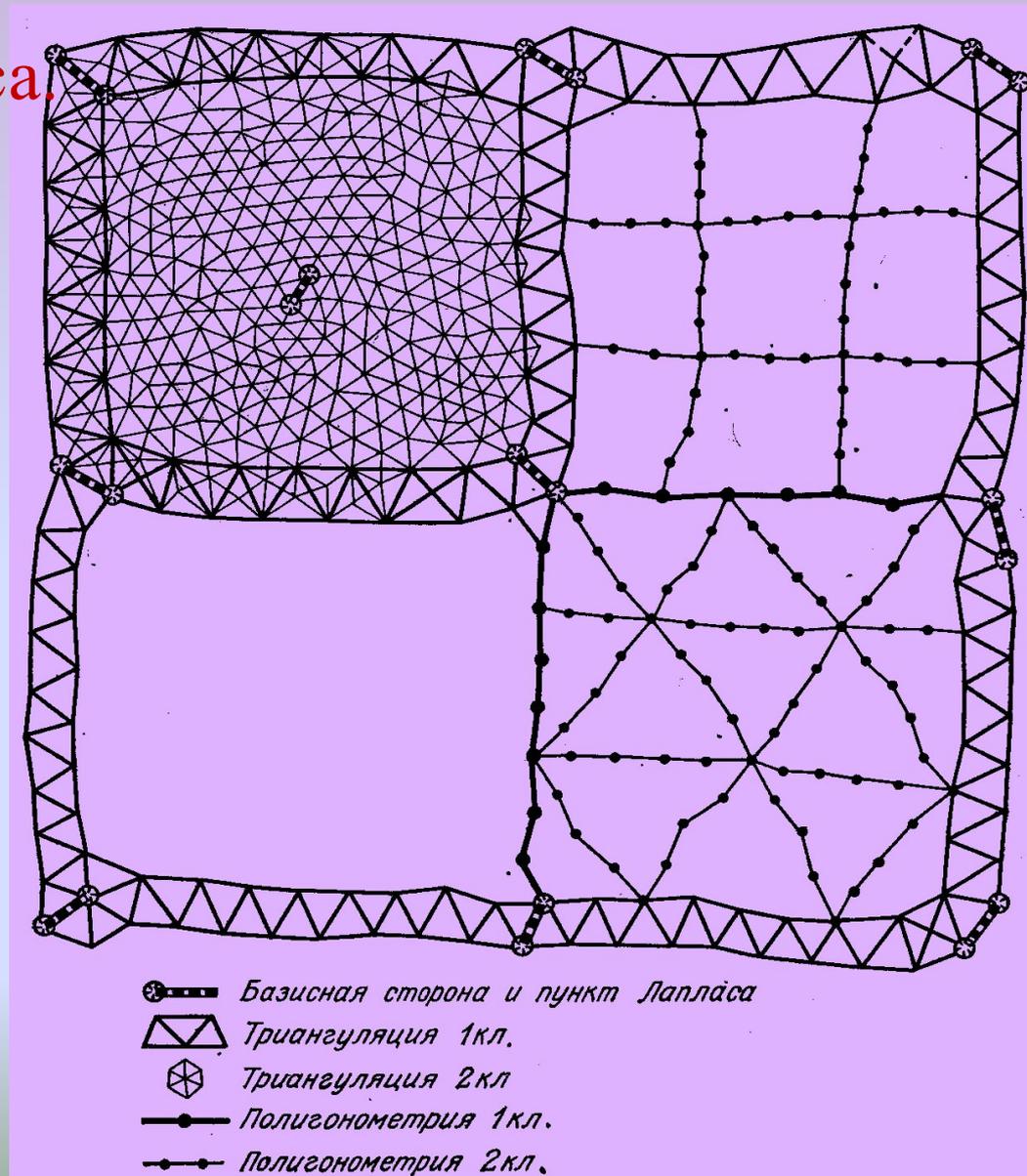
Триангуляция 3 и 4 классов является дальнейшим сгущением ГГС для целей крупномасштабного картографирования и обоснования строительства.



Государственная полигонометрия 1 класса строится в виде ходов, заменяющих ряд триангуляции 1 класса.

Полигонометрические сети 2 класса строятся по особо разработанной программе.

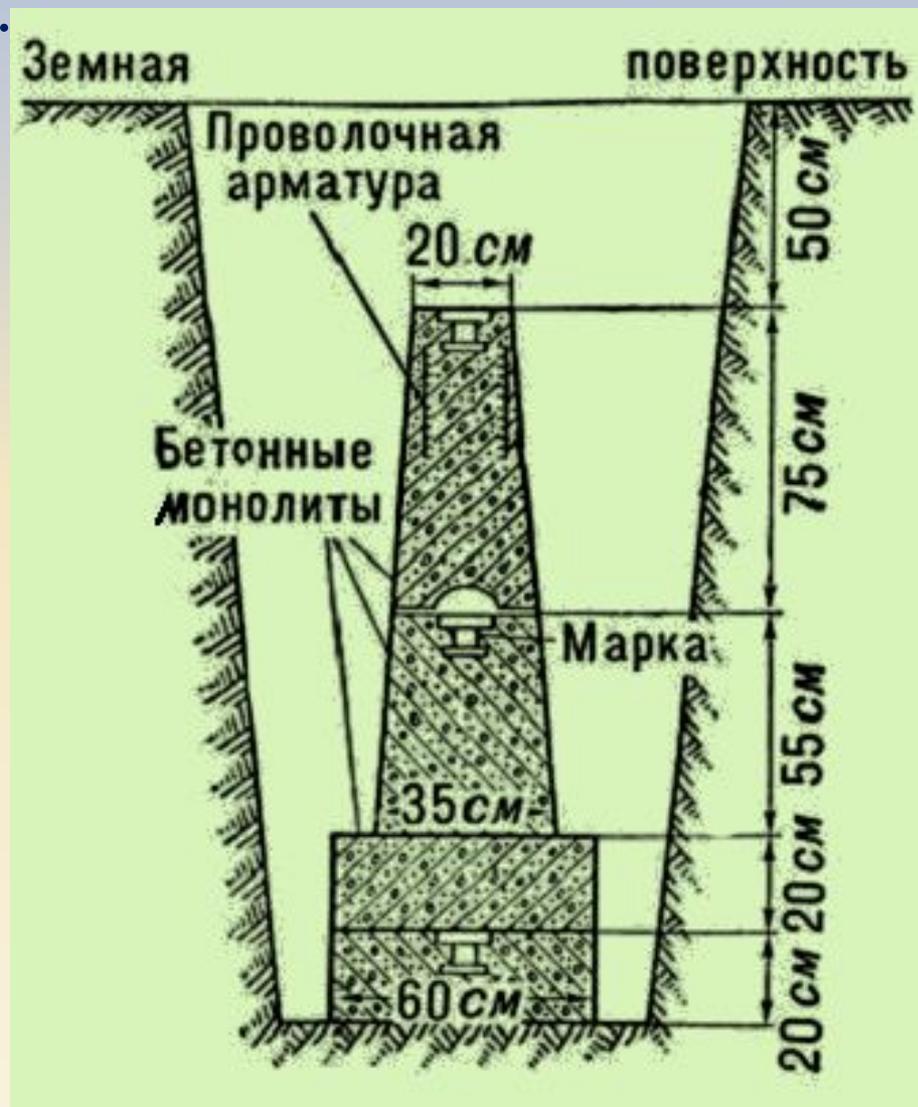
При построении сетей 3 и 4 классов прокладывают системы полигонометрических ходов или одиночные ходы, опирающиеся на пункты высшего класса.



В целях долговременной сохранности сетей их пункты закрепляют на местности особо надёжными сооружениями – *центрами*.

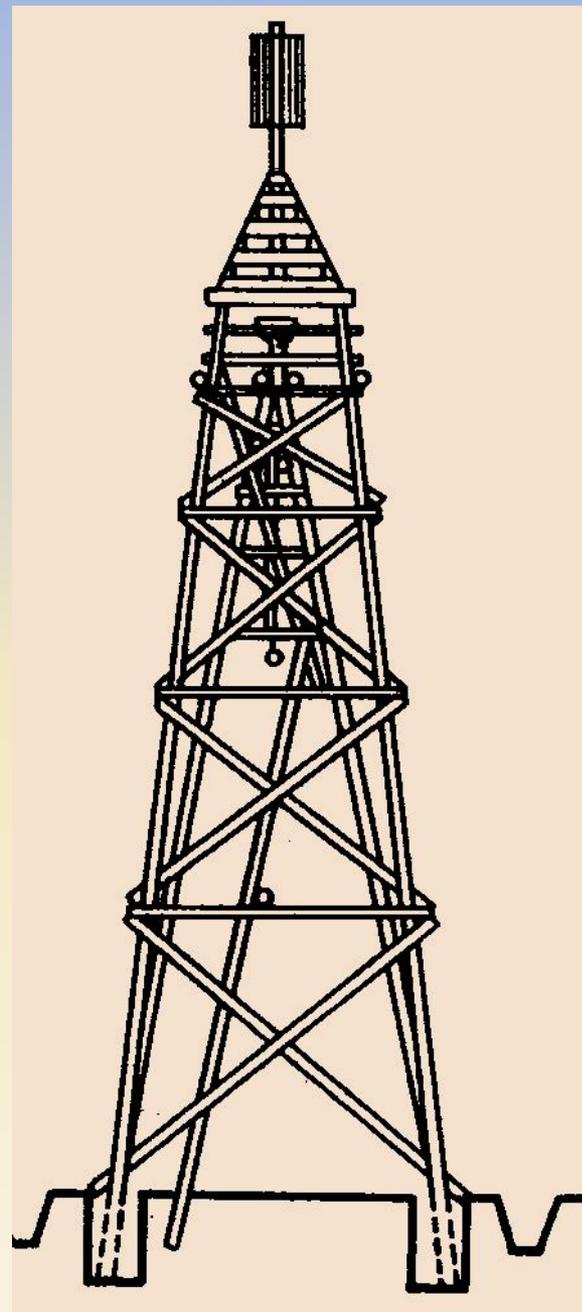
В районах неглубокого промерзания грунта (1,5 м) применяют центр из трех бетонных монолитов.

Верхняя марка закладки монолитов находится на глубине 50 см от поверхности. Нижний монолит закладывается на 50 см ниже промерзания грунта.



Над центрами пунктов сооружают наружные знаки, которые служат визирными целями при измерении углов и линий (туры, пирамиды, простые сигналы, сложные сигналы).

**Геодезический
сигнал.**



Для каждого пункта сети определяется его высота методом геометрического или тригонометрического нивелирования.

Государственная нивелирная сеть является главной высотной основой для решения научных и инженерно-технических задач. Создается методом геометрического нивелирования.

Сети **I** и **II классов** обеспечивают единую систему высот на территории всей страны, а также используются для научных целей. Сети **III** и **IV классов** служат для обеспечения топографических съёмок и решения инженерных задач.

Предельные невязки в превышениях нивелирных ходов определяются по формулам

$$\text{I кл. } f_h \leq 3 \text{ мм} \sqrt{L_{\text{км}}}$$

$$\text{II кл. } f_h \leq 5 \text{ мм} \sqrt{L_{\text{км}}}$$

$$\text{III кл. } f_h \leq 10 \text{ мм} \sqrt{L_{\text{км}}}$$

$$\text{IV кл. } f_h \leq 20 \text{ мм} \sqrt{L_{\text{км}}}$$

Рассмотренная ГГС строилась по единой программе на территорию всего Советского Союза в течение многих десятилетий. Она включала около 164 тыс. пунктов 1 и 2 классов. На территории Беларуси таких пунктов было около 2,5 тыс.

Плановые сети в течение многих лет не обновлялись. По своему состоянию и точности они уже не отвечают современным требованиям. Поэтому в России и Республике Беларусь разработаны программы модернизации ГГС на основе спутниковых методов определения координат.

3. Государственная геодезическая сеть Республики Беларусь

Государственная геодезическая сеть представляет собой сеть закрепленных точек земной поверхности, относящейся к территории Республики Беларусь, положение которых определено в общих для них системах координат.

ГГС предназначена для:

- распространения единых установленных систем координат на территории Республики Беларусь;
- геодезического обеспечения картографирования территории Республики Беларусь;
- геодезического обеспечения изучения земельных ресурсов и землепользования, создания кадастров, строительства, разведки и освоения природных ресурсов Республики Беларусь;

- обеспечения исходными геодезическими данными средств наземной и аэрокосмической навигации, аэрокосмического мониторинга природной и техногенной сред Республики Беларусь;
- изучения поверхности и гравитационного поля Земли и их изменений во времени;
- изучения геодинамических явлений.

ГГС является носителем геодезической системы координат и высот Республики Беларусь.

Началом единого отсчета плановых координат служит центр круглого зала Пулковской обсерватории в Санкт-Петербурге.

При производстве геодезических и картографических работ государственного назначения на территории Республики Беларусь применяется единая система геодезических координат 1942 года и Балтийская система высот 1977 года.

ГГС состоит из взаимосвязанных геодезических сетей различных классов точности, создаваемых по принципу от общего к частному.

ГГС включает:

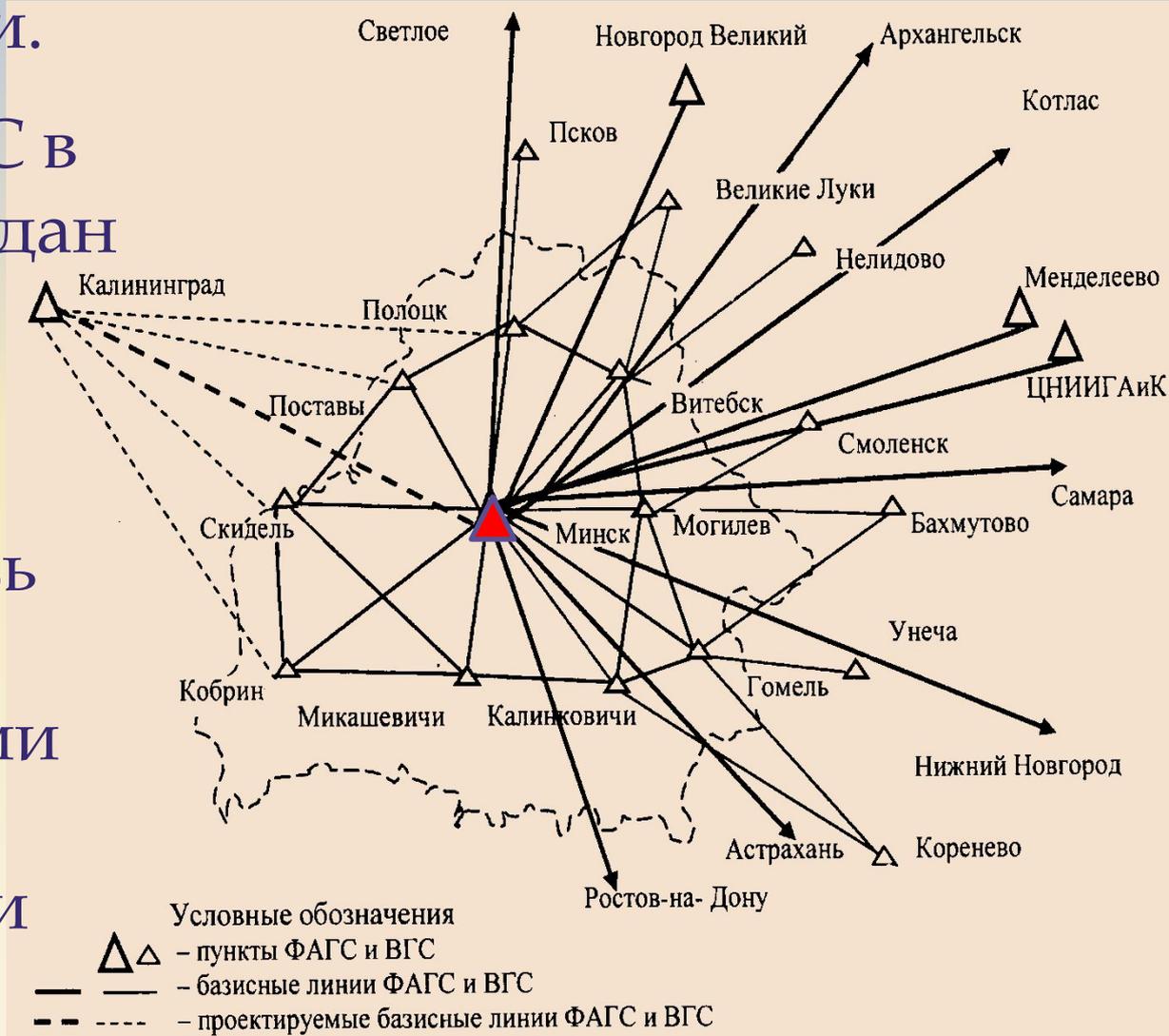
- фундаментальную астрономо-геодезическую сеть (**ФАГС**);
- высокоточную геодезическую сеть (**ВГС**);
- спутниковую геодезическую сеть 1-го класса (**СГС-1**);
- геодезические сети сгущения (**ГСС**).

Плотность пунктов ГГС должна составлять не менее одного пункта на 30 кв. км земной поверхности.

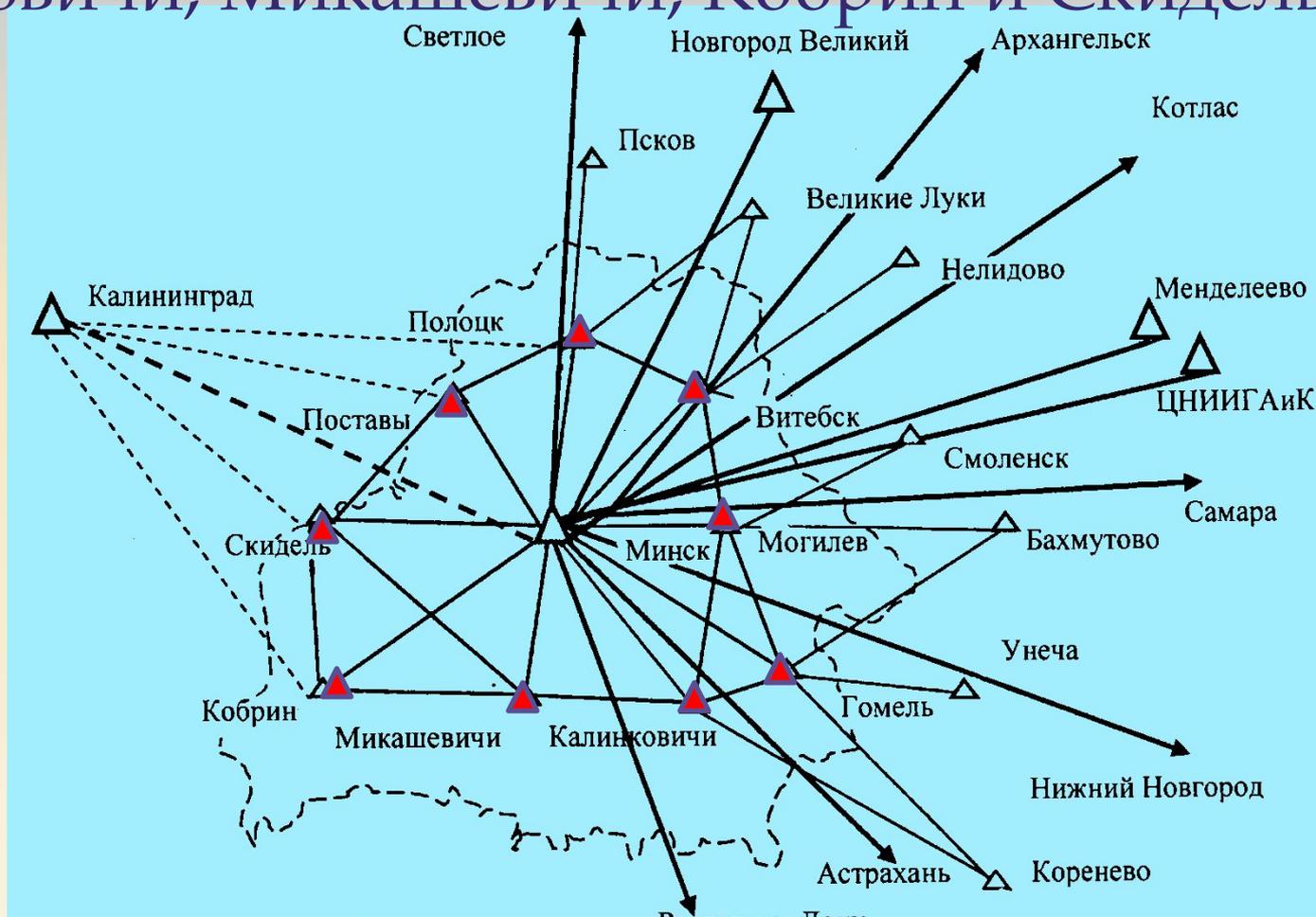
В основу создания ГГС РБ положен принцип сохранения единства геодезических сетей
На первом этапе
Беларуси и России.
развития и

модернизации ГГС в
течение 2000 г. создан
один пункт ФАГС
«Минск».

Пункт ФАГС
должен иметь связь
не менее чем с
четырьмя пунктами
астрономо-
геодезической сети
(АГС).



Следующим этапом модернизации ГГС стало создание ВГС, представленной пунктами Поставы, Полоцк, Витебск, Могилев, Гомель, Калинковичи, Микашевичи, Кобрин и Скидель.



ВГС представляет собой пространственное геодезическое построение, опирающееся на пункт ФАГС и геодезические пункты других государств. Расстояние между пунктами ВГС должно составлять 150–300 км.

Спутниковая геодезическая сеть 1 класса (СГС-1) представляет собой пространственное геодезическое построение, опирающееся на пункты ФАГС и ВГС.

Расстояние между пунктами СГС-1 должно составлять 15–25 км, а на территориях городов, больших промышленных объектов – 8–12 км.

Геодезическая сеть сгущения (ГСС)

построены в соответствии с требованиями стандарта.

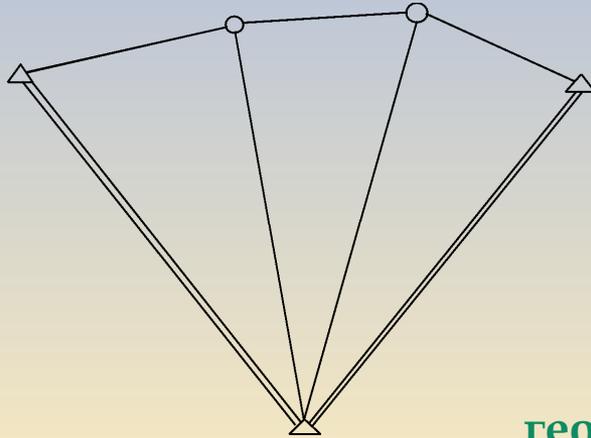
Новые пункты ГСС определяются относительными методами космической геодезии, а также традиционными геодезическими методами: триангуляции, полигонометрии, трилатерации и с применением астрономических измерений.

4. Сети сгущения и съёмочные сети.

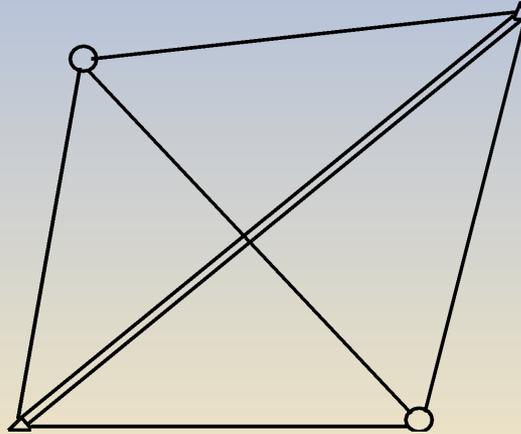
Геодезические сети сгущения создаются на основе государственной сети для обоснования топографических съёмок масштабов 1:5000–1:500. При этом в основном применяются те же методы, как и в государственных сетях.

Они подразделяются на аналитические сети триангуляции 1 и 2 разрядов, полигонометрические сети 1 и 2 разрядов и сети технического нивелирования. В настоящее время сети сгущения включены в ГГС.

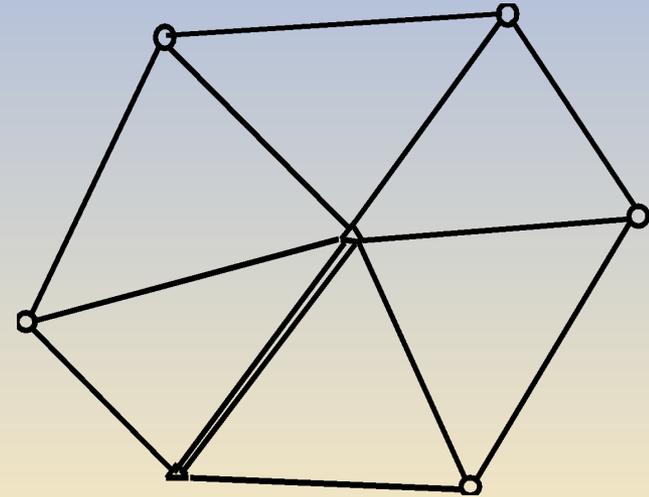
Триангуляция 1 и 2 разряда обычно строится в виде типовых фигур



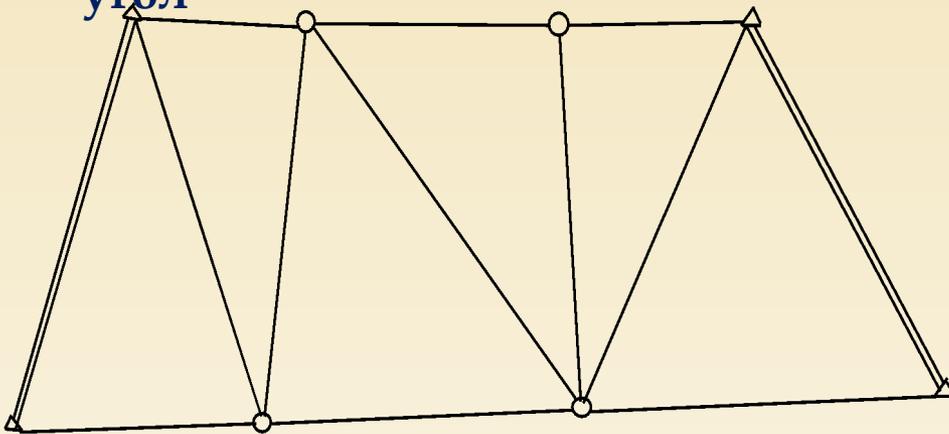
**вставка в
угол**



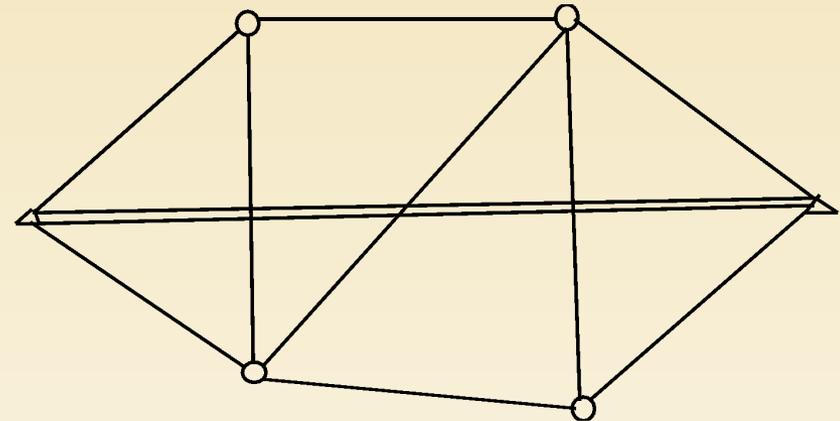
**геодезический
четыреугольник**



**центральная
система**



**цепь треугольников
между исходными сторонами**



**цепь треугольников
между исходными пунктами**

Минимальный угол в сплошной сети 1 и 2 разрядов – 20° , в цепочке треугольников – 30° . Число треугольников между исходными пунктами не более 10. Минимальная длина выходной стороны 1 км.

Плановые сети сгущения можно создавать также методом трилатерации, полярно-лучевым методом и др.

Высотные сети сгущения создаются техническим нивелированием. Длины визирного луча допускаются до 150 м. Предельная невязка в сумме превышений определяется по формуле

$$f_{h_{\text{дон}}} \leq 10 \text{ мм} \sqrt{n}$$

ИЛИ

$$f_{h_{\text{дон}}} \leq 50 \text{ мм} \sqrt{L}$$

где L – длина хода в км,
 n – число станций в ходе.

Съёмочные сети являются непосредственной основой съёмки всех масштабов и других геодезических работ. Они могут строиться на основе государственных сетей, сетей сгущения или в условной системе координат.

Точность съёмочных сетей устанавливается соответствующими инструкциями.

При создании плановых съёмочных сетей применяется метод *триангуляции, трилатерации, теодолитные хода, полярно-лучевой метод, различные засечки и др.*

Высоты точек съёмочного обоснования определяются *геометрическим или тригонометрическим нивелированием.*

Допустимые невязки в превышениях определяются по формулам:

$$f_{h_{дон}} \leq 5\text{см}\sqrt{L} \quad \text{– при техническом нивелировании};$$

$$f_{h_{дон}} \leq 10\text{см}\sqrt{L} \quad \text{– при нивелировании горизонтальным лучом теодолитом или кипрегелем};$$

$$f_{h_{дон}} \leq 20\text{см}\sqrt{L} \quad \text{– при тригонометрическом нивелировании}$$

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ.