

## Лекция 6. «ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПОСТРОЕНИИ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ СЕТИ, СЕТЕЙ СГУЩЕНИЯ И СЪЕМОЧНЫХ СЕТЕЙ»

### 6.1. 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.

▪ **Триангуляция** - метод построения на местности ГС в виде треугольников, у которых измерены все углы и базисные выходные стороны (рис.1). Длины остальных сторон вычисляют по тригонометрическим формулам (например,  $a=c \cdot \sin A / \sin C$ ,  $b=c \cdot \sin A / \sin B$ ), затем находят дирекционные углы (азимуты) сторон и определяют координаты.

▪ При построении сети **методом трилатерации** на местности также строится сеть треугольников, в которых при помощи свето- и радиодальномеров измеряются все стороны, а углы между сторонами вычисляют.

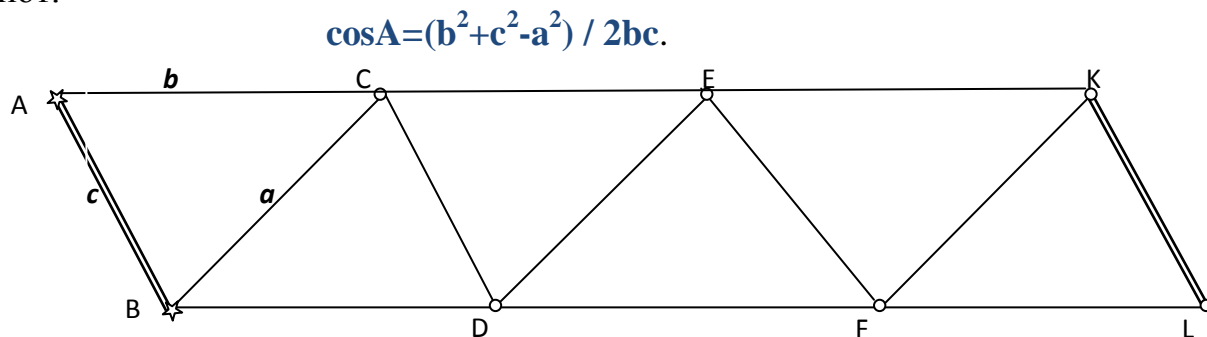


Рис.1 Схема геодезической сети в виде триангуляции

☆

▪ **Метод полигонометрии** заключается в построении на местности ломанных линий, называемых полигонометрическими ходами. Эти ходы прокладываются обычно между пунктами триангуляции. В

полигонометрических ходах измеряются все углы поворота и длины всех сторон

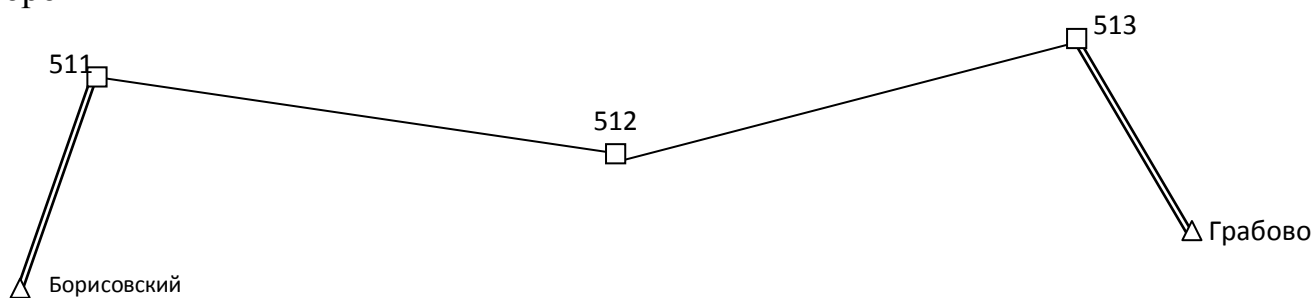


Рис.2 Схема полигонометрического хода

**Высотная геодезическая сеть** создана для распространения по всей территории страны единой системы высот. За начало высот принят средний уровень Балтийского моря. Высотная сеть создается методами геометрического, тригонометрического и барометрического нивелирования.

Геодезические сети подразделяются на **3 вида**:

1. **Государственная геодезическая сеть.**
2. **Геодезические сети сгущения.**
3. **Съемочные сети.**

## 6.2. Государственная геодезическая сеть.

Государственной геодезической сетью (ГГС) называют сеть закрепленных точек земной поверхности, обеспечивающей распространение 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 государственной геодезической сети (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, или строили базисные сети для определения длины выходной стороны. На обоих концах базисных сторон определяли астрономические широты, долготы и азимуты.

В закрытых, залесенных районах звенья триангуляции могли заменяться звеньями полигонометрии I кл.

Триангуляция 2 кл. строилась в виде сплошных сетей треугольников, заполняющих полигоны триангуляции I кл.

Триангуляция 3 и 4 классов является дальнейшим сгущением государственной геодезической сети для целей крупномасштабного картографирования и обоснования строительства.

Точностные характеристики

Класс	Триангуляция			
	$S$ , км	$m$ , "	$\beta$ , "	$m_S:S$
1	200	0,7	0	1:40000
2	70	1,0	1	1:30000
3	50	1,5	1	1:20000
4	20	2,0	2	1:20000

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

Полигонометрические сети 2 кл. строятся по особо разработанной программе.

При построении сетей 3 и 4 кл. 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 – *знаками* и *центрами*.

**Знак** представляет собой устройство или сооружение, обозначающее положение ГП на местности и необходимое для взаимной видимости между смежными пунктами. **Центр** является носителем координат и высот (X, Y, H), определяемых с погрешностью до 1 мм.

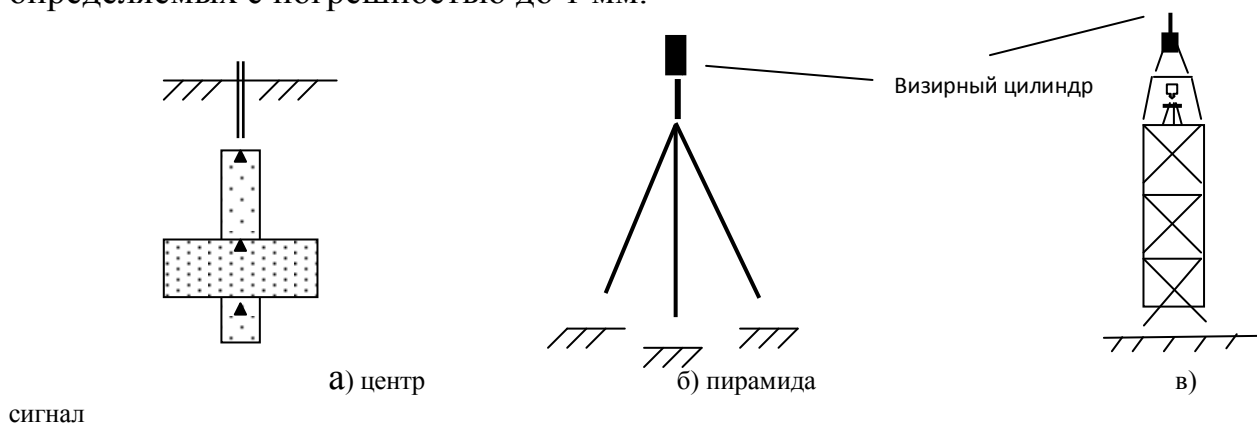


Рис.3.Схемы геодезических пунктов

**Государственная нивелирная** сеть является главной высотной основой для решения научных и инженерно-технических задач. Создается методом геометрического нивелирования Сети I и II кл. обеспечивают единую систему высот на территории всей страны, а также используются для научных целей. Сети III и IV кл. служат для обеспечения топографических съёмок и решения инженерных задач.

Предельные невязки в превышениях нивелирных ходов определяются по формулам

$$\text{I кл. } f_h \leq 3\text{мм}\sqrt{L},$$

$$\text{II кл. } f_h \leq 5\text{мм}\sqrt{L},$$

$$\text{III кл. } f_h \leq 10\text{мм}\sqrt{L},$$

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

Здесь невязки выражены в миллиметрах, а длина хода  $L$  в километрах.

### 6.3. 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.

Триангуляция 1 и 2 разряда обычно строится в виде типовых фигур (рис.4)

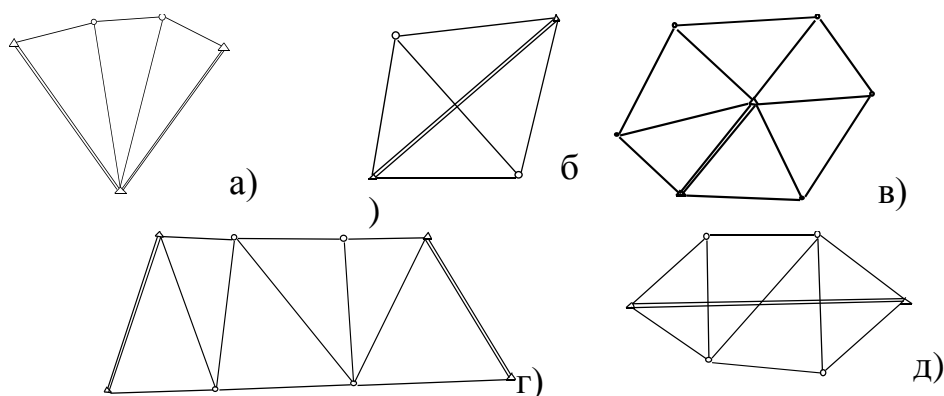


Рис. 4. Типовые фигуры триангуляции.

- а) – вставка в угол;
- б) – геодезический четырехугольник;
- в) – центральная система;
- г) – цепь треугольников между исходными сторонами;
- д) – цепь треугольников между исходными пунктами.

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

$$f_{h_{\text{дон}}} \leq 50 \text{ мм} \sqrt{L} \text{ или } f_{h_{\text{дон}}} \leq 10 \text{ мм} \sqrt{n},$$

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

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

Точность съёмочных сетей, способы закрепления пунктов и другие требования устанавливаются 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:

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

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

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

#### 6.4. Государственная геодезическая сеть Республики Беларусь.

Государственная геодезическая сеть (ГГС) представляет собой сеть закрепленных точек земной поверхности, относящейся к территории Республики Беларусь (далее – земная поверхность), положение которых определено в общих для них системах координат.

ГГС предназначена для:

- распространения единых установленных систем координат на 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.

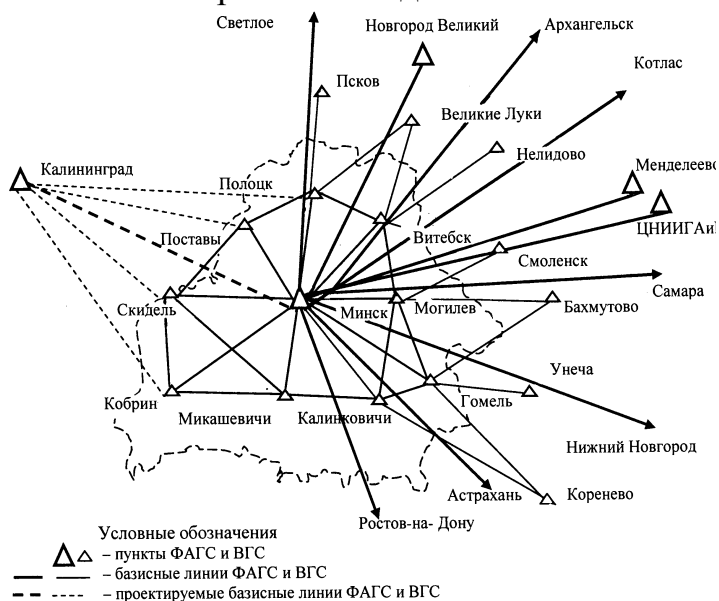
ГГС состоит из взаимосвязанных геодезических сетей различных классов точности, создаваемых по принципу от общего к частному.

ГГС включает:

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

В основу создания ГГС РБ положен принцип сохранения единства геодезических сетей Беларуси и России.

На первом этапе развития и модернизации ГГС в течение 2000 г. создан один пункт фундаментальной астрономо-геодезической сети «Минск».



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

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



### 6.5. Понятие о современных системах спутникового позиционирования.

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*) в переводе с английского – система глобального позиционирования. Имеет параллельное название – NAVSTAR (*NAVigation Satellite Timing And Ranging*).

Параллельно с американской GPS в России развивается система ГЛОНАСС (*ГЛОбальная НАвигационная Спутниковая Система*). Разработки начаты в середине 70-х годов. В марте 1995 г. Правительство Российской Федерации открыло систему для гражданского применения.

Задача определения координат пунктов GPS-методом в принципе 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.

На спутниках устанавливаются передатчики электромагнитных колебаний и атомные часы. За спутниками ведется постоянное наблюдение с опорных пунктов.

Если в какой-то момент времени  $t$  одновременно измерить расстояние до спутника от нескольких опорных пунктов, то, решив пространственную засечку, можно определить для этого момента времени пространственные координаты спутника. 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 нескольких спутников.

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.

