

# **Общие сведения о геодезических съемках, государственные геодезические сети**

1. Виды съемок и их классификация;
2. Понятие о плановых и высотных геодезических сетях;
2. Принципы организации съемочных работ;
3. Назначение и виды государственных геодезических сетей;
4. Плановые государственные геодезические сети и методы их создания;
5. Высотные государственные геодезические сети;
6. Геодезические съемочные сети.

# 1. Виды съемок и их классификация

Совокупность действий, выполняемых на местности для получения плана, карты или профиля, называется съемкой.

Основными действиями при съемках являются геодезические измерения:

- **линейные**, в результате которых определяют расстояния между точками местности;
- **угловые**, позволяющие определять горизонтальные и вертикальные углы между направлениями на заданные точки;
- **высотные**, или **нивелирование**, в результате которых определяют превышения между точками местности.

Если съемка проводится для получения плана с изображением только ситуации, то ее называют **горизонтальной (плановой)**, или **контурной**. Съемка, в результате которой должен быть получен план или карта с изображением ситуации и рельефа, называется **топографической**.

***Теодолитная съемка*** – это горизонтальная (плановая) съемка местности, выполняемая с помощью угломерного прибора – теодолита и стальной мерной ленты (или дальномеров различных типов). При выполнении этой съемки измеряют горизонтальные углы и расстояния.

В результате съемки получают ситуационный план местности с изображением контуров и местных предметов.

***Тахеометрическая съемка*** выполняется тахеометрами, при этом на местности измеряют горизонтальные и вертикальные углы (или превышения) и расстояния до точек. По результатам измерений в камеральных условиях строится топографический план местности. Данный вид съемки получил широкое распространение в инженерной практике

***Мензультная съемка*** производится с помощью мензулы – горизонтального столика и кипрегеля – специального углоначертательного прибора, снабженного вертикальным кругом и дальномером. В процессе этой съемки топографический план местности составляется непосредственно в поле, что позволяет сопоставлять полученный план с изображаемой местностью, обеспечивая тем самым своевременный контроль измерений. В этом заключается достоинство мензультной съемки по сравнению с тахеометрической.

***Наземная стереофотосъемка*** выполняется фототеодолитом, представляющим собой сочетание теодолита и фотокамеры. Путем фотографирования местности с двух точек линии (базиса) и последующей обработки фотоснимков на специальных фотограмметрических приборах получают топографический план снимаемого участка местности. Данная съемка применяется при дорожных, геологических и других изысканиях в горной местности, при съемках карьеров, оврагов и т. д.

**Аэро- и космическая фотосъемки** проводятся специальными аэрофотоаппаратами, устанавливаемыми на летательных аппаратах (самолетах, спутниках, дельтапланах и т.д.). Для обеспечения этой съемки на местности выполняют определенные геодезические измерения, необходимые для планово-высотной привязки аэроснимков к опорным точкам местности. Данный вид съемки является наиболее прогрессивным, допускающим широкую механизацию и автоматизацию производственных процессов; он позволяет в кратчайшие сроки получить топографические планы (карты) значительных территорий страны.

Перспективным направлением в области новых геодезических разработок являются **съемки на базе системы спутникового позиционирования**, обеспечивающие более эффективное решение задач земельного и городского кадастров.

***Нивелирование*** (вертикальная или высотная съемка) производится с целью определения высот точек земной поверхности. Различают следующие виды нивелирования:

а) ***геометрическое***, выполняемое с помощью приборов — нивелиров, обеспечивающих горизонтальное положение визирного луча в процессе измерений;

б) ***тригонометрическое, или геодезическое***, выполняемое с помощью наклонного луча визирования;

в) ***барометрическое***, основанное на физическом законе изменения атмосферного давления с изменением высот точек над уровнем моря;

г) ***гидростатическое***, основанное на свойстве жидкости в сообщающихся сосудах устанавливаться на одинаковом уровне; выполняется с помощью шланговых нивелиров и применяется при наблюдениях за осадками сооружений, для передачи отметок через водные преграды, при монтаже технологического оборудования в стесненных условиях и т. д.;

д) ***автоматическое, или механическое***, выполняемое с помощью профилографов-автоматов; такое нивелирование дает возможность автоматически получать профиль нивелируемой местности и определять отметки отдельных точек.

**Буссольная съемка** производится с помощью буссоли и мерной ленты для получения ситуационного плана местности. В качестве самостоятельной буссольная съемка в настоящее время не применяется; иногда она используется для съемки небольших участков местности (например, в лесоустройстве и др.) как вспомогательная при других видах съемок.

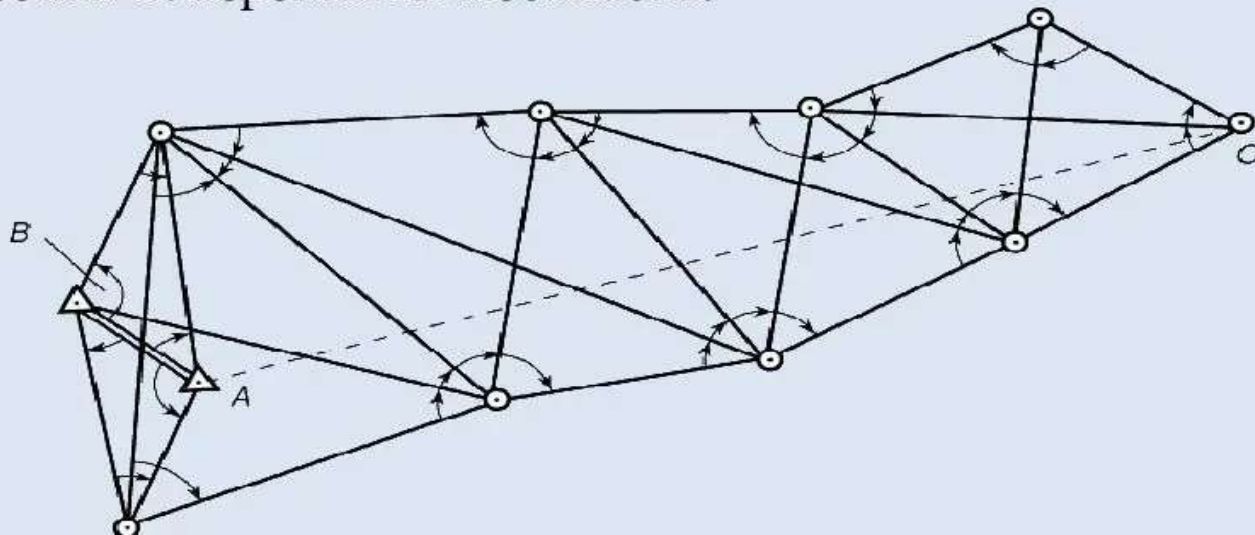
**Глазомерная съемка** — контурная съемка местности, выполняемая на планшете с компасом с помощью визирной линейки. При сочетании глазомерной съемки с барометрическим нивелированием можно получить топографический план местности. Глазомерная съемка с самолета (вертолета) называется **аэровизуальной**. В инженерной практике данная съемка применяется при предварительном ознакомлении с местностью (рекогносцировке), а также при изысканиях в неисследованных районах.

## Назначение и виды государственных геодезических сетей

- С 1919 года в нашей стране было положено начало научно-обоснованной организации всех топографо-геодезических работ.
- Исполнительные, контрольные, разрешительные и надзорные функции при их производстве были объединены в **Высшем геодезическом управлении (ВГУ)**.
- В последствии оно было преобразовано в Главное управление геодезии и картографии.
- С 1 марта 2009 года эти функции переданы Федеральной службе государственной регистрации, кадастра и картографии.
- Одной из важнейших задач данного государственного органа является создание государственной геодезической сети (ГГС) на территории нашей страны.

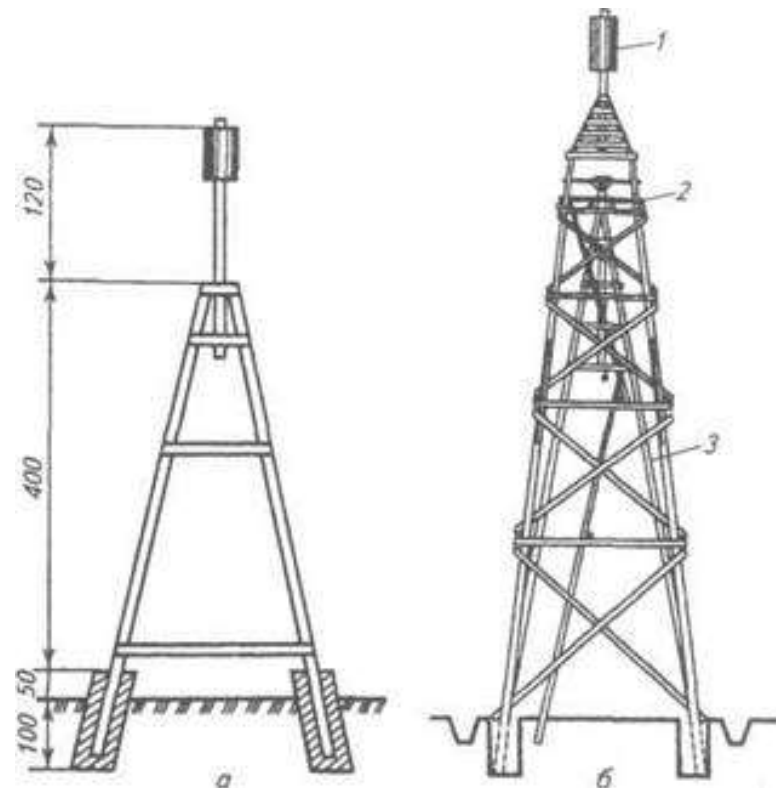
## Геодезические сети

- *Геодезическая сеть* – система точек земной поверхности, взаимное положение которых определено в некоторой единой системе координат и высот над уровнем моря на основании геодезических измерений.
- Пункты геодезической сети закрепляются на местности геодезическими знаками и являются исходной основой при картографировании земной поверхности и для выполнения геодезических измерений на местности.



## 2. Понятие о плановых и высотных геодезических сетях

**Опорным пунктом** называется закрепленная на местности точка, координаты которой известны из геодезических измерений с достаточной точностью.



Совокупность опорных пунктов, равномерно расположенных по всей территории и служащих основой для съемок, называется **опорной сетью**.

Научная организация геодезических работ требует обязательного соблюдения двух основных принципов.

**1. Принцип развития работ «от общего к частному»;** данный принцип является главным при развитии геодезических опорных сетей, на основе которых выполняются съемки и решаются инженерные задачи на местности.

**2. Обязательный контроль** всех этапов измерительного и вычислительного процессов; без контроля предыдущих измерений и вычислений нельзя приступать к выполнению последующих этапов полевых либо камеральных работ.

Различают *плановые геодезические сети*, в которых для каждого пункта определяют прямоугольные координаты  $x$ ,  $y$  в общегосударственной системе координат, и *высотные*, в которых высоты пунктов  $H$  определяются в *Балтийской системе высот*.

Сущность построения геодезической сети состоит в следующем. На местности выбираются точки, являющиеся вершинами связанных между собой геометрических фигур (треугольников, четырехугольников и др.). В этих фигурах измеряют некоторые элементы (углы, стороны), а остальные элементы вычисляют. Исходные данные получают из астрономических наблюдений.

Плановые геодезические сети создают методами **триангуляции, трилатерации, полигонометрии** и их комбинациями.

## МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

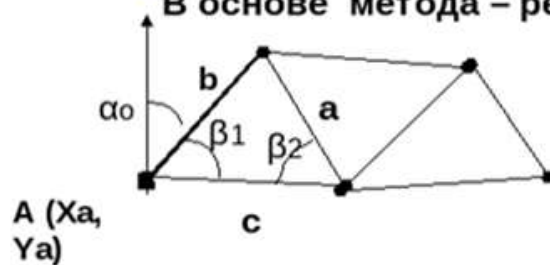
1) **Триангуляция** – построение сети в виде треугольников, в вершинах которых размещены геодезические пункты. В этих треугольниках должны быть измерены **все углы** и некоторые из сторон – **базисы**.

В основе метода – решение треугольника по стороне и двум углам - **теорема синусов**:

$$a / \sin \beta_1 = b / \sin \beta_2.$$

Из этой формулы неизвестная сторона :

$$a = b \sin \beta_1 / \sin \beta_2 .$$



В сеть включается минимум один пункт с известными координатами и определяется дирекционный угол одного из направлений.

2) **Трилатерация** - в треугольниках измеряются все стороны. Метод основан на решении треугольника по трем сторонам  $a, b, c$ , когда углы определяются по **теореме косинусов**. Например, для угла  $\beta_1$  :  $\cos \beta_1 = (b^2 + c^2 - a^2) / (2bc)$ .

3) **Метод полигонометрии** - построение сети путем измерения горизонтальных проложений между геод. пунктами и горизонтальных углов между сторонами. Этот метод широко применяется при развитии ГГС в **залесенной** или **застроенной** местности. Это основной метод при создании съемочных сетей в виде замкнутых или разомкнутых ходов.

4) **Наземно-космический метод** – применяется для создания сетей с помощью спутниковых навигационных систем (**GPS** и **ГЛОНАСС**). При этом с высокой точностью и быстро определяются все три координаты  $(X, Y, H)$  . Контроль – в **многократных измерениях в разное время суток** при различном положении навигационных спутников на небосклоне.

**Триангуляция** заключается в построении на местности систем треугольников, в которых измеряются все углы и длины некоторых *базисных сторон* (рис. 1, а). Длины других сторон рассчитываются по известным формулам тригонометрии.

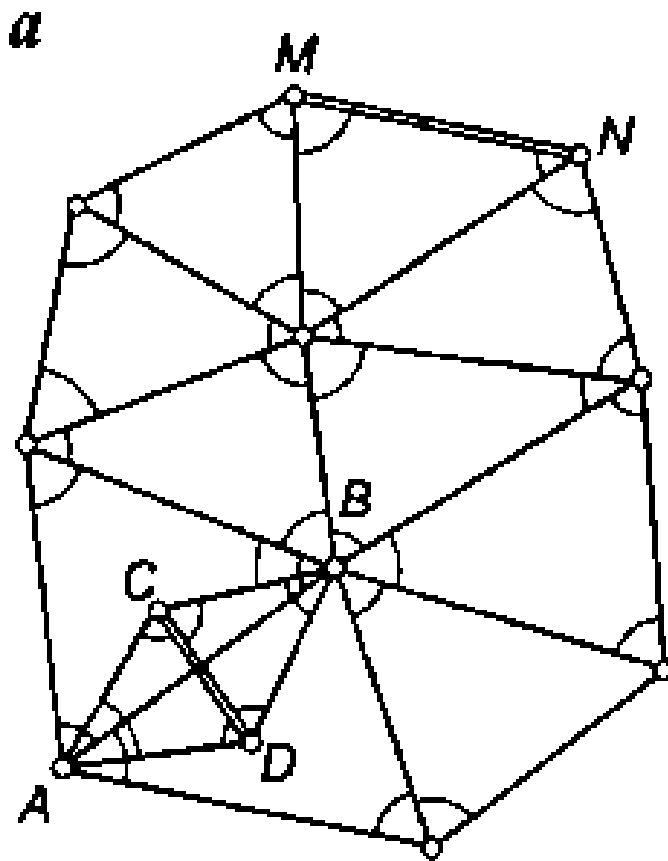


Рисунок 1 – Сущность методов **триангуляции**

**Трилатерация**, подобно триангуляции, представляет собой систему треугольников, в которых измерены длины всех сторон. Из решения треугольников определяют горизонтальные углы, а через них – дирекционные углы сторон. Дальнейшие вычисления координат пунктов производят так же, как и в триангуляции.

Метод трилатерации может применяться для построения геодезических сетей в сочетании с триангуляцией (линейно-угловая триангуляция); при этом в сети измеряют все стороны и углы треугольников.

**Полигонометрия** заключается в прокладывании на местности систем ходов в которых измеряют все углы и стороны (рис. 1, б). Если известны координаты одного из пунктов и дирекционный угол одной из сторон, то можно вычислить координаты всех пунктов полигонометрического хода.

Высотные сети строят методами геометрического и тригонометрического нивелирования.

**б**

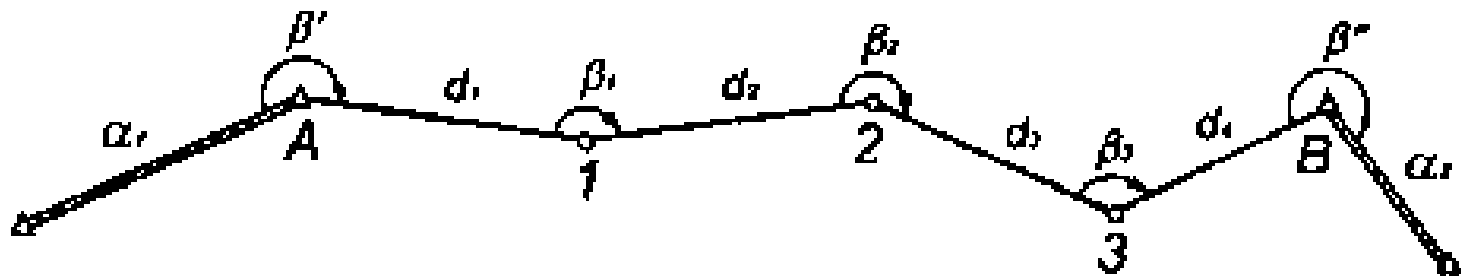


Рисунок 1 – Сущность методов полигонометрии

Построение геодезических сетей проводится по принципу *«от общего к частному»*, от более крупных и точных построений к более мелким и менее точным. Соответственно этому геодезические сети подразделяются на *государственную геодезическую сеть 1 – 4-го классов, геодезические сети сгущения 1-го и 2-го разрядов и съёмочные геодезические сети.*

*Геодезическая сеть, используемая для обеспечения топографических съёмок, называется съёмочным обоснованием;* в это понятие включаются съёмочные сети и сети более высокого порядка, расположенные на участке съёмки.

## Закрепление опорных пунктов на местности

Пункты высотной геодезической сети закрепляются *грунтовыми реперами*, а также *стенными реперами* и *марками*, закладываемыми в стенах и фундаментах зданий и сооружений.

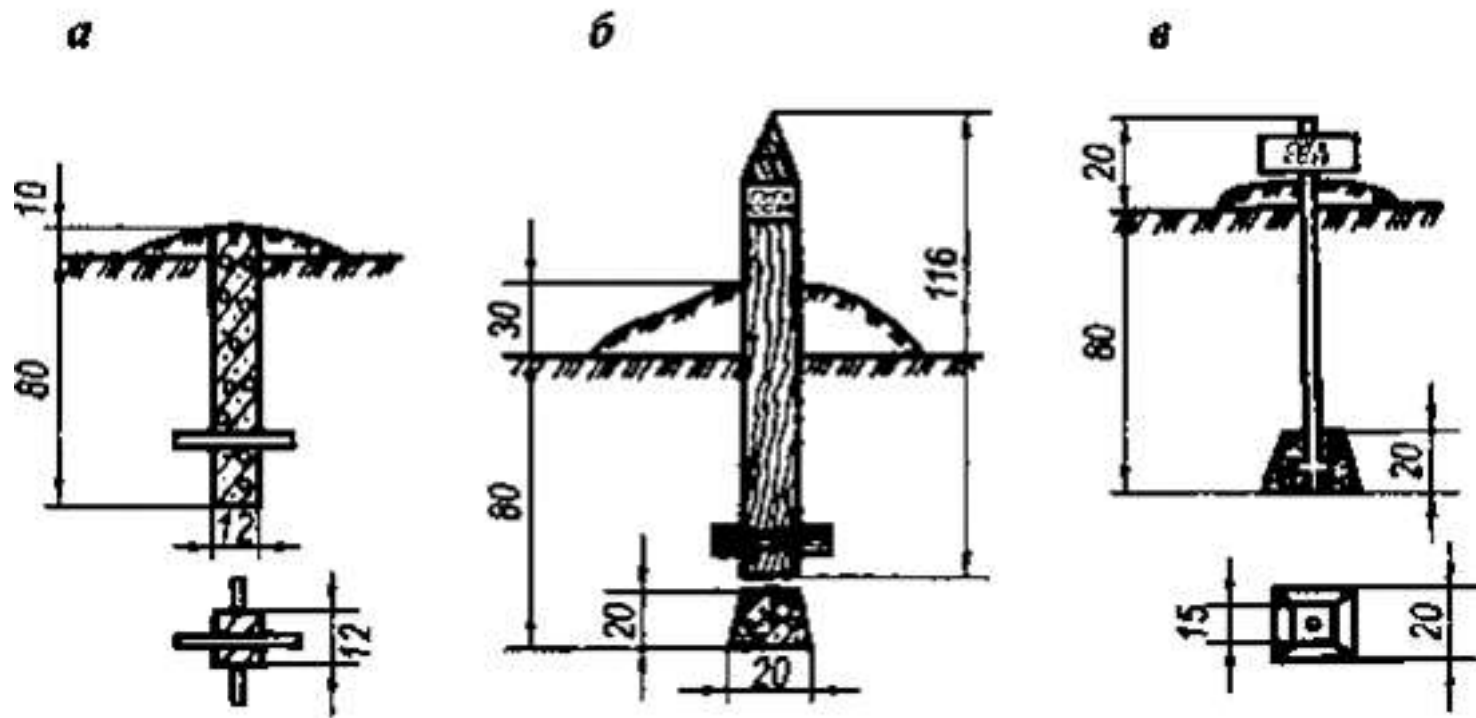


Рисунок 2 – Центры долговременных пунктов съемочного обоснования

# Задачи ГГС

- геодезическое обеспечение картографирования территории Российской Федерации, градостроительной, навигационной и кадастровой деятельности, землеустройства, недропользования;
- изучение параметров фигуры и гравитационного поля Земли и их изменений во времени;
- обеспечение единства измерений при высокоточных геодезических работах;
- изучение геодинамических явлений;
- задач, связанных с нуждами обороны страны;
- иных фундаментальных научных, экономических и технических задач геодезии, картографии, геофизики, геодинамики и космонавтики.

### 3. Процессы производства геодезических работ

Геодезические работы разделяются на *полевые* и *камеральные*. Главное содержание полевых работ составляет процесс измерений, а камеральных – вычислительный и графический процессы.

*Измерительный процесс* состоит из геодезических измерений на местности, выполняемых при производстве съемочных работ и решении специальных инженерных задач, например при разбивке сооружений, отводе земельных участков, прокладке трасс и т. п.

## **Основные этапы съемок**

1. *Подготовительные работы*: получение задания, изучение существующего картографического материала, наличия пунктов ГГС.
2. *Рекогносцировка местности* – изучение местности, выбор местоположения точек съемочного обоснования (точек хода).
3. *Полевые работы*: измерение углов, длин линий, привязка хода, съемка ситуации.
4. *Камеральные работы*: вычислительная обработка всех полевых измерений, вычерчивание плана местности.
5. *Оформление материалов. Подготовка их к сдаче.*

# Принцип организации съемочных работ

- Геодезические измерения сводятся к определению взаимного положения точек на земной поверхности.
- Чтобы ослабить влияние ошибок измерений и не допустить их накопления при геодезической съемке участков местности, принято за правило вести работу от общего к частному.
- Для этого из множества определяемых точек участка земной поверхности выделяют наиболее характерные и определяют в первую очередь их положение. Такие точки называют **опорными**.
- Эти точки образуют **геодезическую опорную сеть** (геодезическое основание), т.е. составляют как бы общую канву, на основе которой с необходимой, хотя и более низкой точностью производится дальнейшая съемка.
- Для того, чтобы результаты съемок были надежны, все важнейшие геодезические действия должны выполняться с контролем.
- Поэтому в основе качества геодезических работ лежит принцип ни одного шага вперед без контроля предыдущих действий.

## Тахеометрическая съемка

### Составление проекта

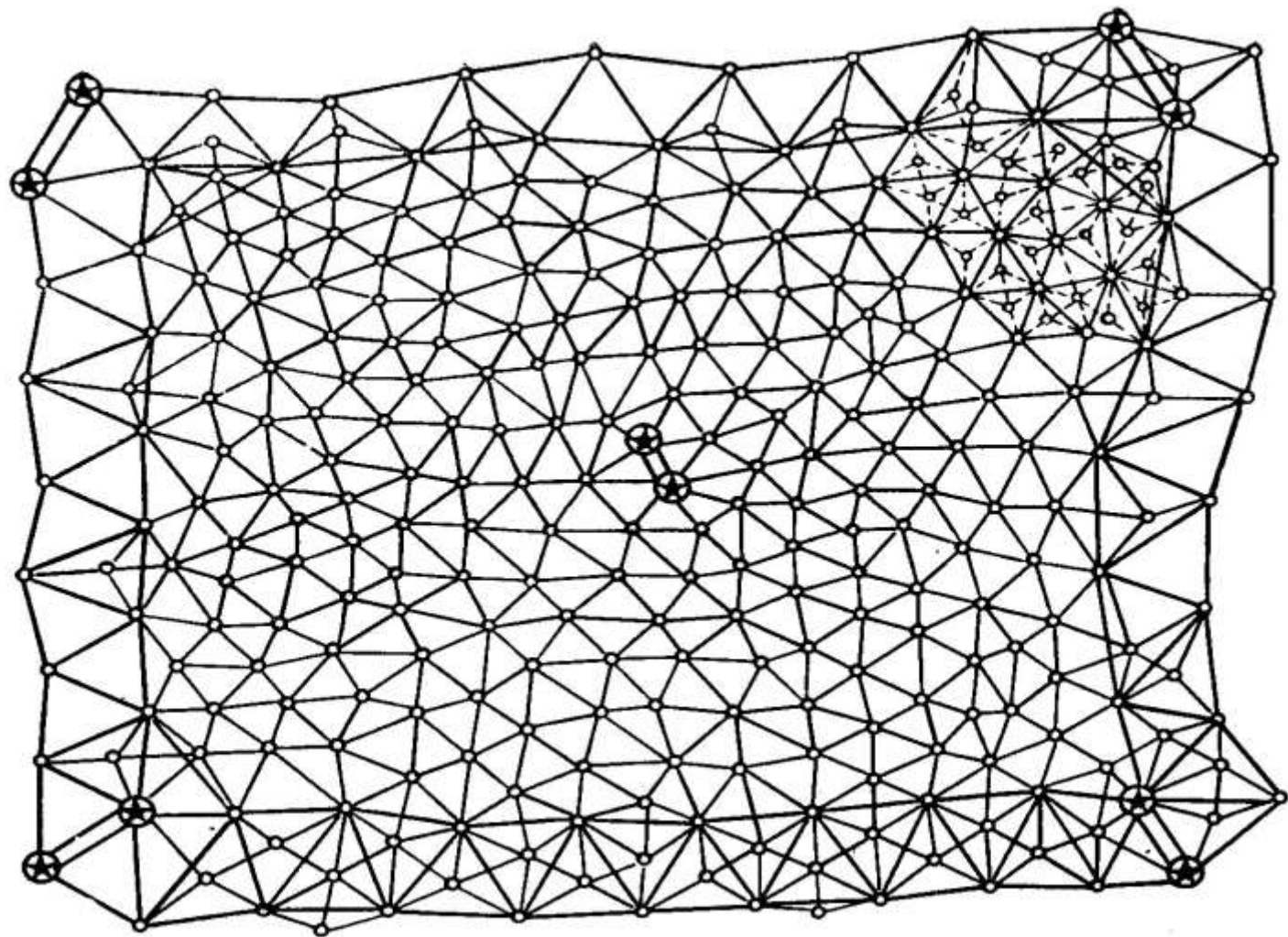
- подбор необходимых картографических материалов;
- подбор каталогов пунктов планово-высотного обоснования;
- выбор способа создания съемочной сети.

### Полевые работы

- рекогносцировка местности;
- создание сети съемочного обоснования;
- съемка ситуации и рельефа.

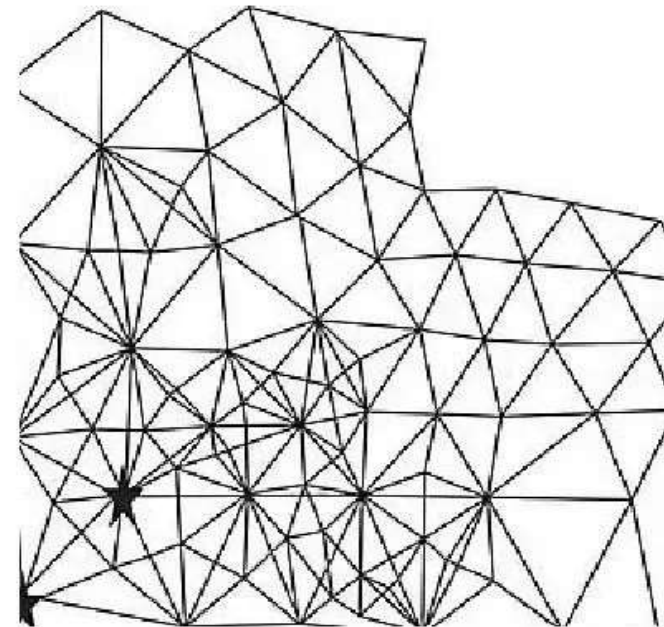
### Камеральные работы

- проверка полевых журналов измерений;
- вычисление плановых и высотных координат точек ходов;
- вычисление отметок реечных точек на каждой станции;
- составление топографического плана местности.



## Классификация геодезических сетей

- Геодезическая сеть – это группа зафиксированных на местности точек, для которых определены плановые координаты ( $X$  и  $Y$  или  $B$  и  $L$ ) в принятой двумерной системе координат и отметки  $H$  в принятой системе высот или три координаты  $X$ ,  $Y$  и  $Z$  в принятой трехмерной системе пространственных координат.
- Все геодезические сети по назначению и точности построения подразделяются на три большие группы:
  - · государственные геодезические сети (ГГС),
  - · геодезические сети сгущения (ГСС),
  - · геодезические съемочные сети.



- Плановая государственная геодезическая сеть создается **астрономическим или геодезическим методами.**
- При астрономическом методе плановое положение каждого из отдельных пунктов сети определяется независимо друг от друга из астрономических наблюдений.
- **Геодезический метод состоит в том,** что для определения координат точек находят из астрономических наблюдений координаты только нескольких точек, называемых исходными. Дальнейшее определение планового положения точек производят путем геодезических измерений на местности.
- Высотная государственная геодезическая сеть создается методом геометрического нивелирования.

## ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ СЕТИ

Геодезические сети по назначению подразделяются на **плановые** (определяют координаты  $X$  и  $Y$ ) и **высотные** (определяют отметки точек  $H$ ).

По точности измерения, площади размещения и плотности пунктов геодезические сети подразделяются на:

- 1) государственные,
- 2) местные - сети сгущения
- 3) съемочные.

## ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ СЕТИ СГУЩЕНИЯ И СЪЕМОЧНЫЕ СЕТИ

**Съемочные геодезические сети (геодезическое съемочное обоснование)** создаются для сгущения геодезической сети до плотности, обеспечивающей выполнение топографической съемки.

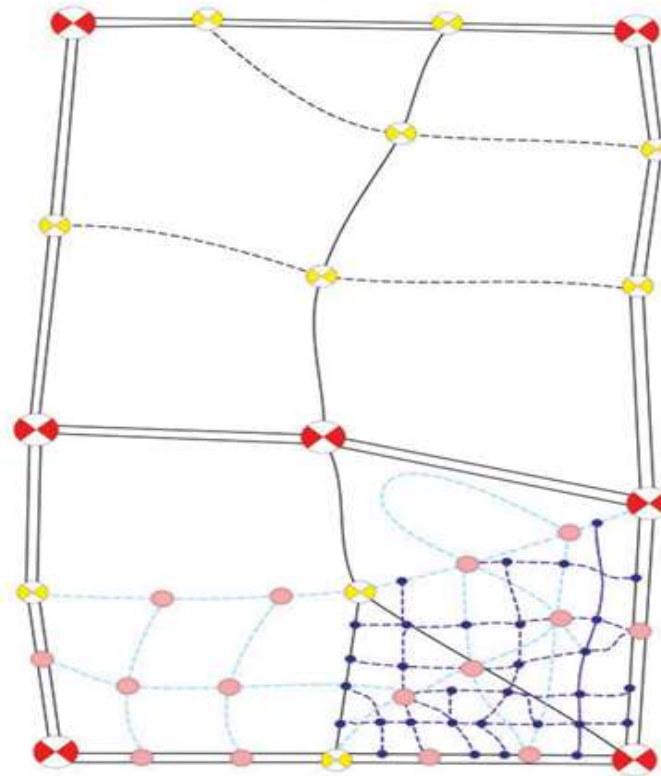
Плотность съемочных сетей определяется масштабом съемки, характером рельефа местности, а также необходимостью обеспечения инженерно-геодезических, маркшейдерских и других работ для целей изыскания, строительства и эксплуатации сооружений.

Масштаб съемки	Число пунктов на 1 кв. км
1:5000	4
1:2000	10
1:1000	16

Съемочное обоснование развивается от пунктов государственных геодезических сетей и геодезических сетей сгущения. Съемочные сети создаются построением съемочных триангуляционных сетей, проложением теодолитных, тахеометрических и мензульных ходов, прямыми, обратными и комбинированными засечками. При развитии съемочного обоснования одновременно определяется, как правило, плановое и высотное положение точек. Высоты точек съемочных сетей определяются тригонометрическим или геометрическим нивелированием.

# Геодезические сети

Схема государственной высотной сети



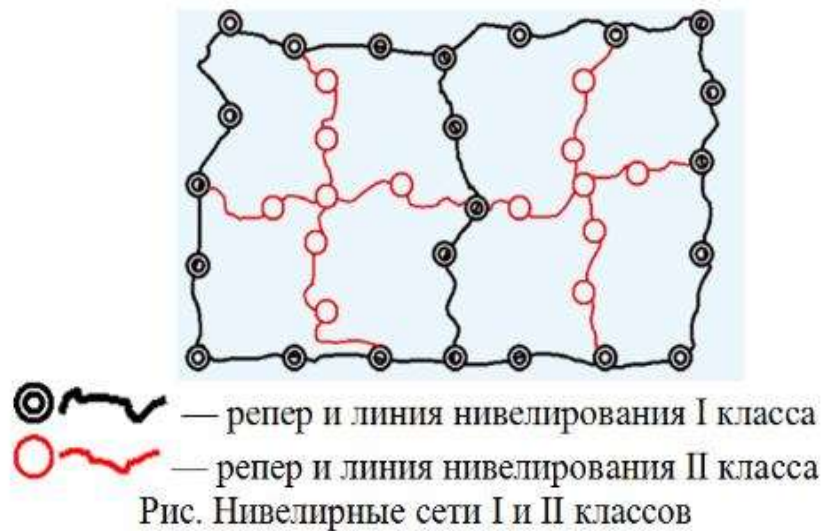
Классы:

- - 1-й
- - 2-й
- - 3-й
- - 4-й

## Высотные государственные геодезические сети

- Государственная высотная геодезическая сеть – это нивелирная сеть I, II, III и IV классов. При этом сети I и II классов являются высотной основой, с помощью которой устанавливается единая система высот на всей территории страны.

Государственная нивелирная сеть I класса создана проложением отдельных ходов нивелирования I класса, образующих полигоны I класса. Внутри этих полигонов проложены линии нивелирования II класса, образующие в свою очередь полигоны II класса (см. рис.). Государственные нивелирные сети I и II классов являются главной высотной основой Российской Федерации.



## **Государственная нивелирная сеть I**

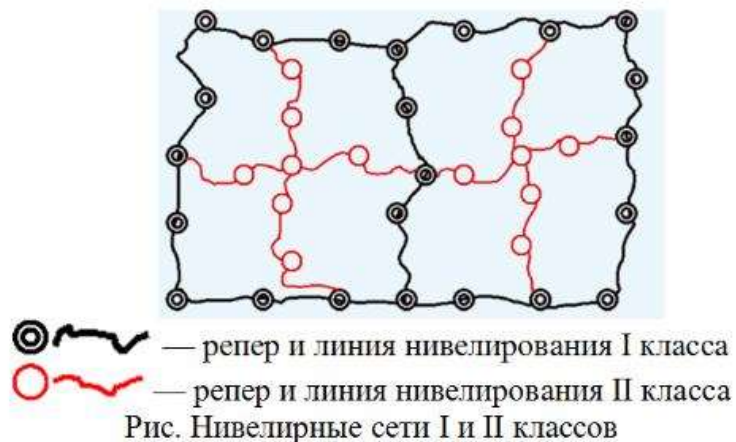
**класса** имеет наивысшую точность и служит исходной для сетей следующих классов.

**Нивелирная сеть II класса** опирается на пункты I класса, является ее сгущением.

Невязки в сетях I и II классов не должны превышать соответственно  $3\text{мм} \sqrt{L}$  и  $5\text{мм} \sqrt{L}$ ,

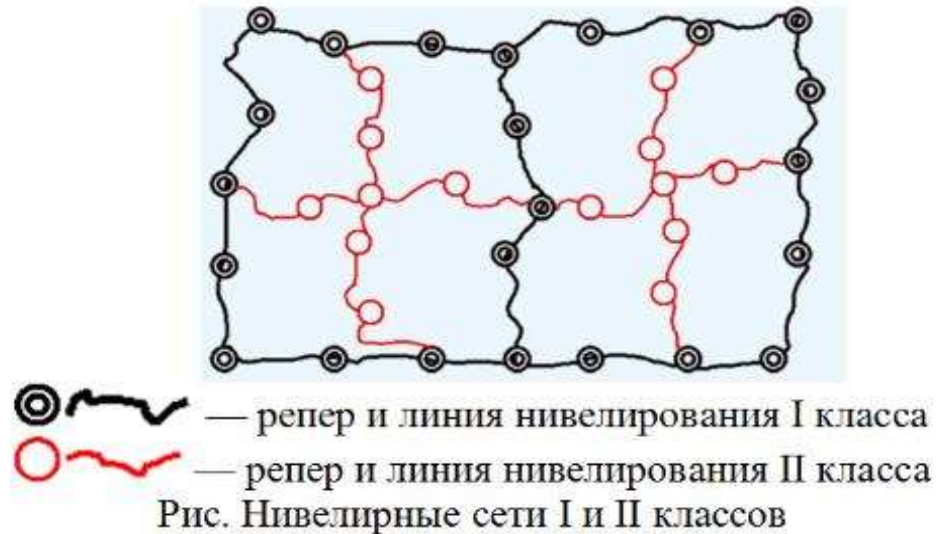
где  $L$  – длина нивелирного хода, выраженная в километрах.

Государственная нивелирная сеть I класса создана проложением отдельных ходов нивелирования I класса, образующих полигоны I класса. Внутри этих полигонов проложены линии нивелирования II класса, образующие в свою очередь полигоны II класса (см. рис.). Государственные нивелирные сети I и II классов являются главной высотной основой Российской Федерации.



Нивелирные сети III класса прокладываются внутри полигонов нивелирования I и II классов в виде систем и отдельных ходов, делящих полигон II класса на 6-9 полигонов периметром 150-200 км ( $m_n = 0,8$  мм на 1 км хода). Для нивелирования III класса используются нивелиры с увеличением зрительной трубы не менее 30-х и ценой деления цилиндрического уровня не более 30" на 2 мм.

Государственная нивелирная сеть I класса создана проложением отдельных ходов нивелирования I класса, образующих полигоны I класса. Внутри этих полигонов проложены линии нивелирования II класса, образующие в свою очередь полигоны II класса (см. рис.). Государственные нивелирные сети I и II классов являются главной высотной основой Российской Федерации.



# Геодезические съёмочные сети

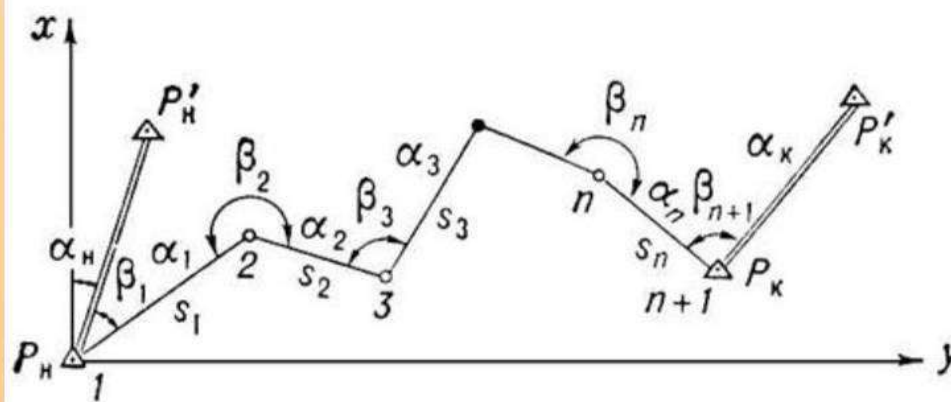
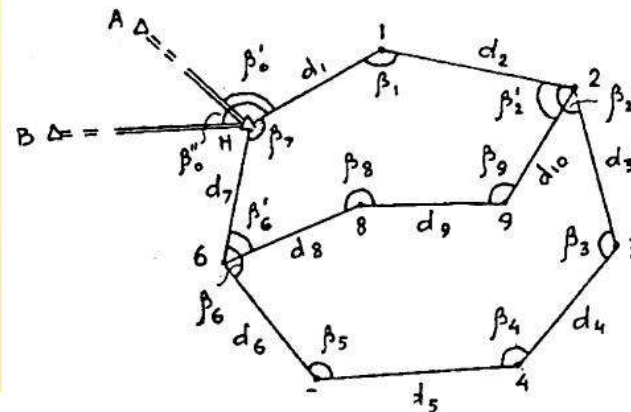
- Съёмочные сети являются геодезической основой при решении инженерно-геодезических задач.
- Их создают в качестве **съёмочного обоснования** для производства топографических съёмок, выноса на местность инженерных сооружений, а также для плановой и высотной привязки отдельных объектов.
- Съёмочное обоснование разбивается от пунктов **плановых и высотных опорных сетей**.
- Самый распространённый вид съёмочного обоснования – **теодолитные ходы**, опирающиеся на один или два исходных пункта.
- Они представляют собой геодезические построения в виде ломаных линий, в которых углы измеряют одним полным приёмом с помощью технического теодолита, а стороны – стальной 20-метровой лентой или дальномерами, обеспечивающими заданную точность. Теодолитные ходы могут быть **замкнутыми или разомкнутыми**.

- Длины линий (сторон) теодолитных ходов зависят от масштаба съемки и условий снимаемой местности и должны быть не более 350 м и не менее 20 м.
- Относительные линейные невязки в ходах должны быть менее 1:2000, при неблагоприятных условиях измерений допускается 1:1000.
- Углы поворота на точках хода измеряют теодолитом со средней квадратической ошибкой 0,5' одним приемом.
- Расхождение значений углов в полуприемах не более двойной точности теодолита.
- Точки съемочного обоснования, как правило, закрепляют на местности временными знаками: деревянными кольями, столбами, металлическими штырями, трубами.
- Если эти точки предполагается использовать в дальнейшем для других целей, их закрепляют постоянными знаками.

# Съемочные сети

Виды теодолитных ходов:

- замкнутый,
- разомкнутый,
- свободный



- **Съемочная геодезическая сеть** (также часто используется понятие **съемочная основа**) — это **геодезическая сеть** сгущения, которая создается с целью выполнения топографической **съемки** территории.

Для измерения углов и длин линий применяют различные геодезические приборы:

## Теодолиты



# Тахеометры



# Нивелиры



# Кипрегели



# Оптические и электромагнитные дальномеры



# Мерные ленты



# Рулетки



Результаты измерений заносят в полевые журналы установленной формы или фиксируют в накопителях информации электронных измерительных приборов.

При этом зачастую одновременно с измерениями в поле составляют схематические чертежи, называемые *абрисами*.

*Вычислительный процесс* заключается в математической обработке результатов измерений. Вычисления выполняются по определенным схемам и установленным правилам, позволяющим быстро находить требуемые результаты и своевременно контролировать правильность их расчетов. Для облегчения вычислений применяют различные вспомогательные средства: таблицы, графики, номограммы, счетно-цифровые машины; в настоящее время для обработки геодезических измерений широко используются электронные микрокалькуляторы и компьютеры.

*Графический процесс* заключается в составлении на основе результатов измерений и вычислений чертежей с соблюдением установленных обозначений. В геодезии и землеустройстве чертеж служит не иллюстрацией, прилагаемой к какому-либо документу, а является конечной продукцией производства геодезических или землеустроительных работ. На основании его в дальнейшем проводятся расчеты, проектирование и перенесение проектов в натуру. Такой чертеж должен составляться по проверенным и точным данным и обладать высоким качеством графического исполнения.