

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Ухтинский государственный технический университет»
(УГТУ)

Дудников В. Ю.

ОСНОВЫ ГЕОДЕЗИИ И ТОПОГРАФИИ

Для студентов специальности «Технология геологической разведки»
(Специализаций – «Геофизические методы поисков и разведки месторождений полезных
ископаемых» и «Геофизические информационные системы»)

УДК

ББК

Дудников, В. Ю.

Основы геодезии и топографии: Курс лекций. Электронное издание / Дудников В. Ю. – Ухта: УГТУ, 2014.

Курс предназначен для ознакомления с материалами лекций по дисциплине «Основы геодезии и топографии» студентов специальности 130102 «Технология геологической разведки. Специализации – Геофизические информационные системы, геофизические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых».

Работа выполнена в рамках реализации проекта по подготовке высококвалифицированных кадров для предприятий и организаций регионов **(Программа «Кадры для регионов»)**.

Содержание издания согласовано с ОАО «Севергеофизика» (главный геофизик по Тимано-Печорской провинции – А. М. Куприянов).

Минимальные системные требования:

Основы топографии

О дисциплине. Из истории...

Возникновение геодезии относится к глубокой древности, когда появилась потребность изучения земной поверхности для целей землепользования и инженерного строительства каналов, дамб, пирамид и других сооружений. (Еще задолго до нашей эры геодезия играла важную роль в Египте, Месопотамии (историч. область в бассейнах рек Тигр и Евфрат, территория Ирака), Китае и Греции.)

Новый этап геодезии ознаменовался появлением первых геодезических приборов с оптической трубой во второй половине XVII в. (Янсен, Галилей, Кеплер) . В 1787 г. английским механиком Рамсденом был изобретен теодолит с оптической трубой.



Начиная с 20-х годов XX в. геодезическая наука и аэрогеодезическое производство получили широкое развитие. На смену традиционным геодезическим приборам пришли принципиально новые, создаваемые с использованием новейших достижений науки и техники. С развитием человеческого общества, с повышением уровня науки и техники менялось и содержание геодезии, которая в процессе своего развития разделилась на ряд самостоятельных научных и научно-технических дисциплин:

Геодезия (греч. "ge" - земля и "dazomai" - разделяю) - это наука о методах определения фигуры и размеров Земли и изображения ее поверхности на картах и планах, а также о способах проведения различных измерений на поверхности Земли (на суше и акваториях), под землей, в околоземном пространстве и на других планетах.

Топография ("топос" - место, "графо" - пишу; дословно - описание местности) изучает методы съемки сравнительно небольших участков земной поверхности с целью изображения ее на планах и картах.

Картография изучает методы и процессы создания изображений значительных территорий земной поверхности в виде карт различного назначения, а также технологию их производства.

Инженерная геодезия изучает методы и средства проведения геодезических работ при изысканиях, проектировании, строительстве и эксплуатации различных инженерных сооружений монтаже оборудования, а также эксплуатации природных богатств страны.

Форма Земли

Для изучения фигуры земли введено понятие уровенной поверхности, т.е. поверхности, всюду перпендикулярной направлениям силы тяжести (отвесным линиям). Направление силы тяжести очень просто можно определить в любой точке Земли; стоит подвесить на нить груз, и натянутая нить зафиксирует это направление, которое является в геодезии основным, так как оно существует объективно и легко и просто обнаруживается.



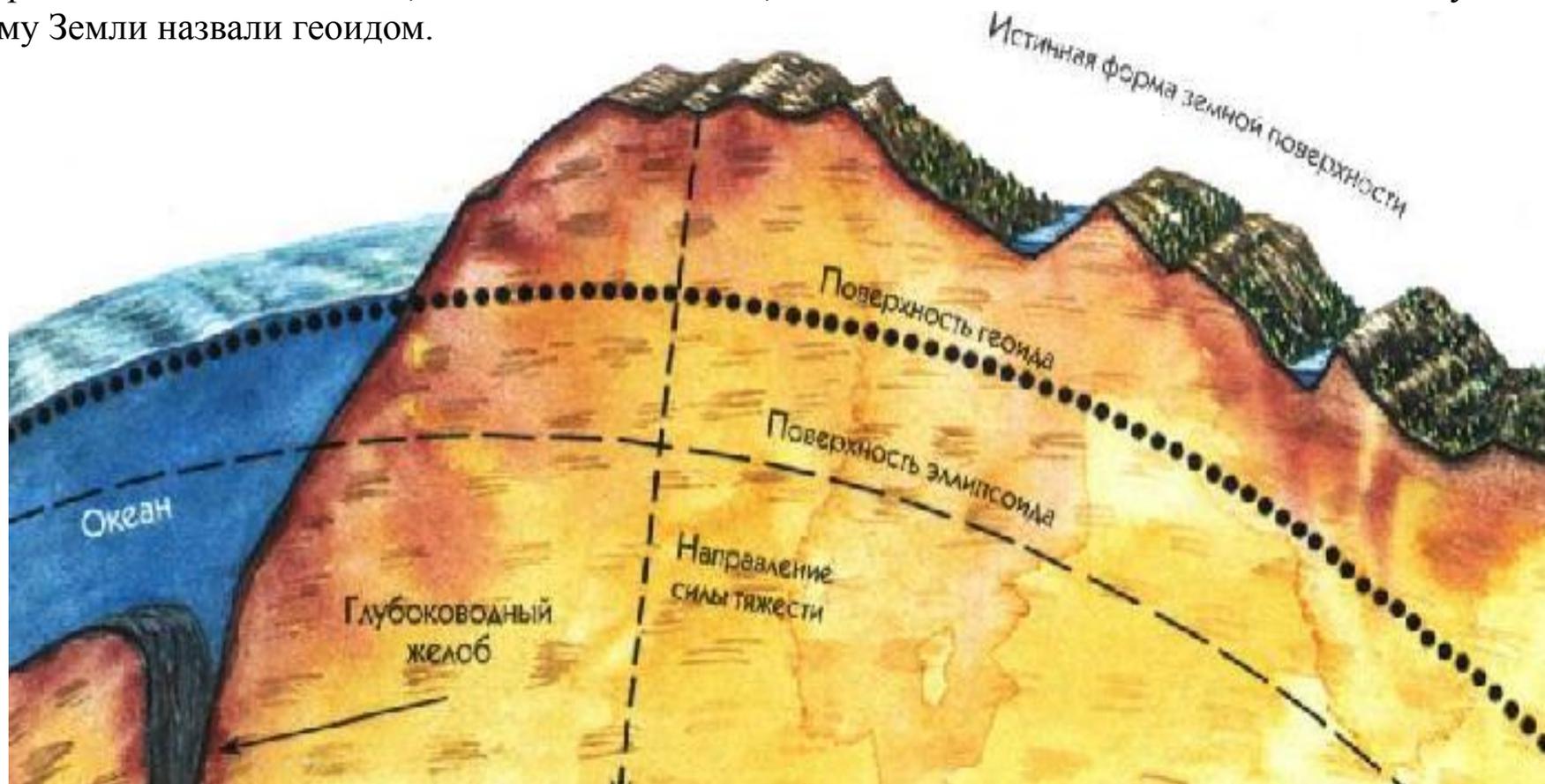
Через одну точку пространства проходит только одна уровенная поверхность. Среди множества уровенных поверхностей выделяют одну – главную.

Уровенная поверхность, совпадающая с невозмущенной поверхностью мирового океана и мысленно продолженная под материки, называется основной уровенной поверхностью.

Уровенная поверхность, совпадающая с невозмущенной поверхностью мирового океана и мысленно продолженная под материки, называется основной уровенной поверхностью.

Поверхности геоида и эллипсоида

Фигура Земли, образованная основной уровенной поверхностью, мысленно продолженной под всеми материками и континентами, называется геоидом, что означает "землеподобный". Истинную геом. форму Земли назвали геоидом.



Вследствие неравномерного распределения масс различной плотности внутри Земли поверхность геоида является весьма сложной и неправильной в математическом отношении фигурой. (От распределения масс различной плотности внутри Земли зависят направления силы тяжести). Поэтому, в качестве математической фигуры Земли его не принимают.

Общеземной эллипсоид

В качестве математической фигуры Земли принимают поверхность эллипсоида, образованного вращением эллипса вокруг его малой оси и обработку геодезических измерений выполняют на его поверхности. Параметрами, определяющими размеры земного эллипсоида, являются большая a , малая b полуоси и полярное сжатие.

Виды эллипсоидов



Общеземной эллипсоид описывает фигуру Земли в целом

Референц-эллипсоид оптимален лишь для определенной части Земли

Для практической реализации земной эллипсоид необходимо ориентировать в теле Земли определенным образом:

1. Малая полуось эллипсоида должна быть параллельна оси вращения Земли.
2. Поверхность эллипсоида должна находиться возможно ближе к поверхности геоида в пределах данной страны.

Эллипсоид, удовлетворяющий этим требованиям и принятый для обработки геодезических измерений законодательно, называется референц-эллипсоидом.

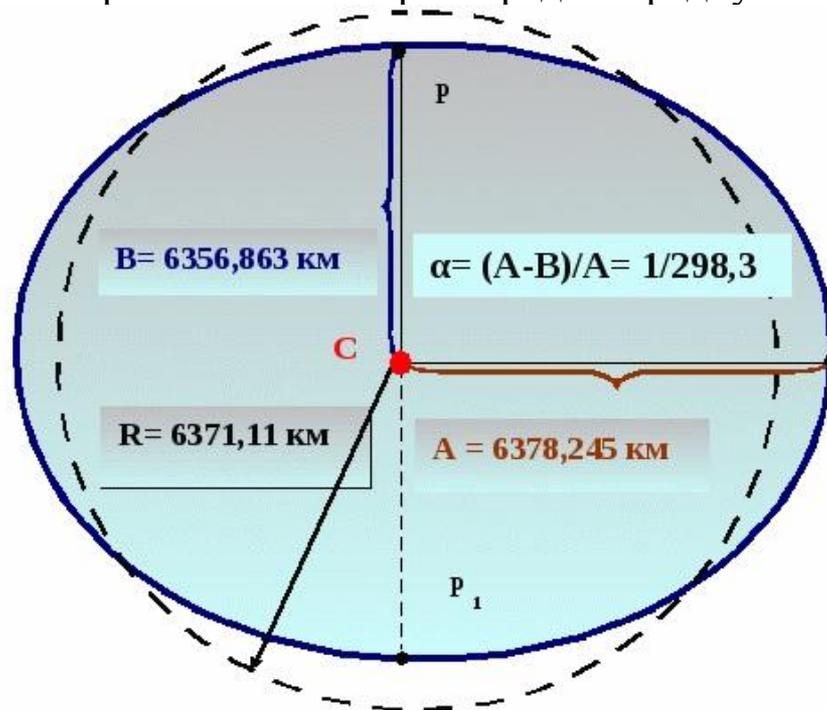
Референц-эллипсоид

Для территории нашей страны принят референц-эллипсоид Красовского параметры которого соответствуют следующим значениям:

- большая полуось (Экваториальный радиус- расстояние от центра планеты до экватора) $A=6378245$ м,
- малая полуось (Полярный радиус - расстояние от центра планеты до полюса) $B = 6\ 356\ 863$ м,
- полярное сжатие $1/298,3$.

Как видно, разница полярного и экваториального радиусов составляет ≈ 21 км.

В практических расчетах Землю принимают за шар со средним радиусом $R=6371,11$ км.



Интересно! Детальные измерения с помощью искусственных спутников показали, что Земля сжата не только на полюсах, но и по экватору (наибольший и наименьший радиусы по экватору отличаются на 210 м), а значит, является трехосным эллипсоидом. Согласно последним расчётам, этот эллипсоид несимметричен и по отношению к экватору — южный полюс расположен к экватору немного ближе, чем северный.

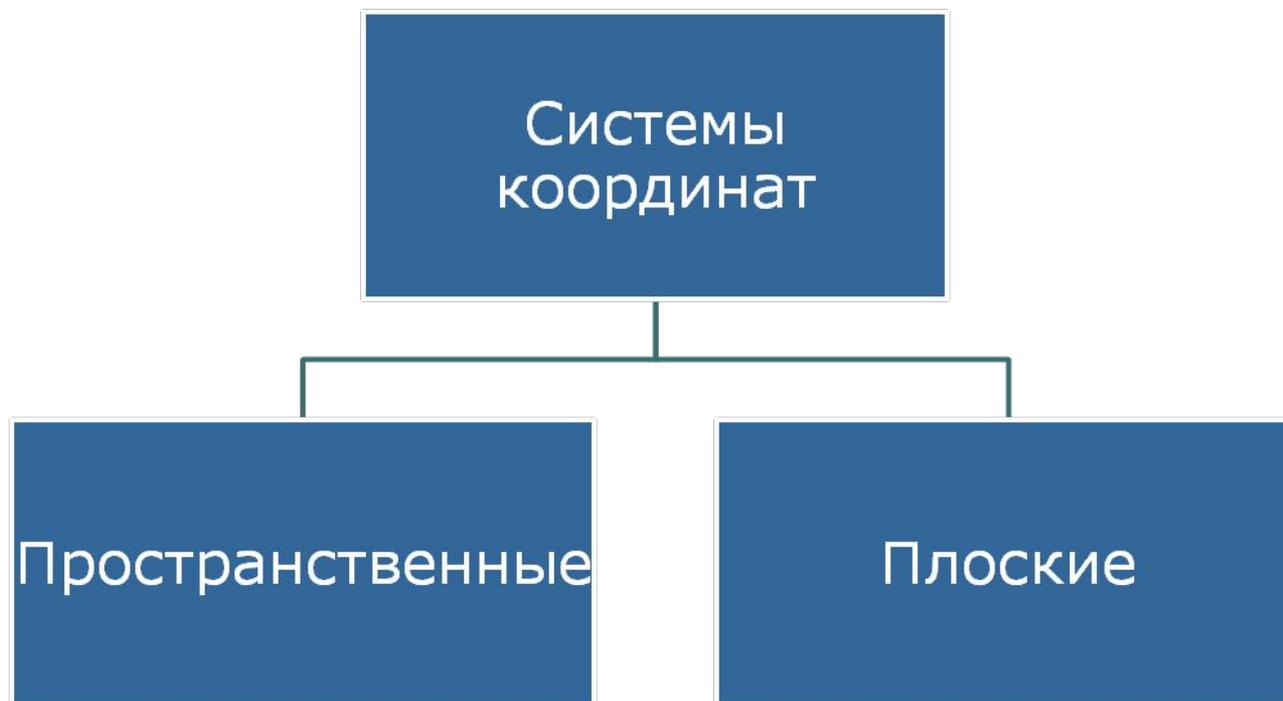
Системы координат

Геодезия в том числе занимается изучением земной поверхности. Что это значит? Это значит определить положение любой ее точки в принятой системе координат.

Система координат устанавливает начальные (исходные) точки, линии или плоскости для отсчета необходимых величин – начало отсчета координат и единицы их исчисления.

В топографии и геодезии наибольшее применение получили системы географических, прямоугольных, полярных и биполярных координат (разновидность полярных координат).

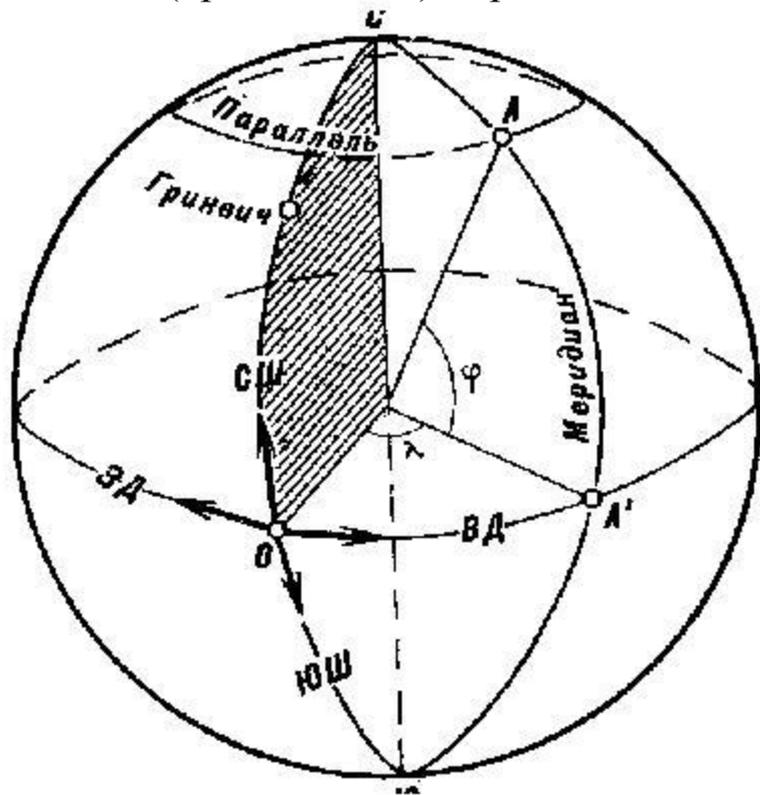
Все системы координат, применяемые в геодезии, могут быть разделены на две группы:



Пространственные системы координат: географическая СК

Под пространственными координатами понимают совокупность трёх чисел, определяющих положение точки земной поверхности относительно некоторой исходной поверхности.

Система географических координат объединяет под общим названием две системы: астрономическую и геодезическую. Это - единая для всех точек земной поверхности система, в которой уровенная поверхность принимается за поверхность шара, а за начало отсчёта координат - начальный (Гринвичский) меридиан и плоскость экватора.



Через каждую точку земной поверхности, например A , можно провести отвесную линию, меридиан и параллель.

Угол φ между отвесной линией точки A и плоскостью экватора называется географической широтой точки A . Двугранный угол λ , составленный плоскостью меридиана точки A с плоскостью начального меридиана, называется географической долготой точки A .

Широта и долгота, определяющие положение точки на уровенной поверхности, называются географическими координатами данной точки, а параллель и меридиан – координатными линиями системы географических координат.

Интересно! Длина меридиана – 40 008,5 км, длина экватора – 40 076 км, площадь поверхности Земли 510,2 млн. км².

Пространственные системы координат: высота

Две координаты - широта и долгота - определяют положение точки на поверхности относимости (сферы или эллипсоида). Для определения положения точки в трехмерном пространстве задают ее третью координату, которой в геодезии является высота. В нашей стране счет высот ведется от уровенной поверхности, соответствующей среднему уровню Балтийского моря, поэтому система высот называется Балтийской (Балтийская система 1977 года).



Форма Земли и определение положения точек на земной поверхности II
Уровенная поверхность, абсолютные, относительные отметки и превышения



Отрезки AA₁, BB₁, CC₁ – представляют абсолютные отметки точек А, В, С
Отрезки AA₂, BB₂, CC₂ – представляют условные отметки точек А, В, С

Важно! С 1 июля 2002г. согласно Постановлению Правительства РФ от 28 июля 2000г. № 568 введена новая референцная система СК-95 и новая общеземная система ПЗ-90. Первая система используется при выполнении геодезических и картографических работ, вторая - для геодезического обеспечения орбитальных полетов. В СК-95 используется эллипсоид Красовского, который ориентируется таким образом, чтобы пространственные координаты начального пункта (Пулково) были одинаковы в СК-42 и СК-95.

Плоские системы координат: картографические проекции

Из плоских систем координат в геодезии наибольшее распространение получили прямоугольные и полярная системы координат.

Для изображения значительных частей земной поверхности на плоскости (листе бумаги) применяются картографические проекции. Очевидно, что при прочих равных условиях искажения будут тем больше, чем обширнее участок поверхности эллипсоида, проектируемый на плоскость. Поэтому при изображении больших областей поверхности эллипсоида их делят на отдельные участки (зоны) и каждый из них изображается на плоскости в системе прямоугольных координат. Такие участки проектируют ортогонально (*по перпендикулярам к принятой поверхности*) на поверхность земного эллипсоида, а с неё в какой-либо картографической проекции, переносят на плоскость.

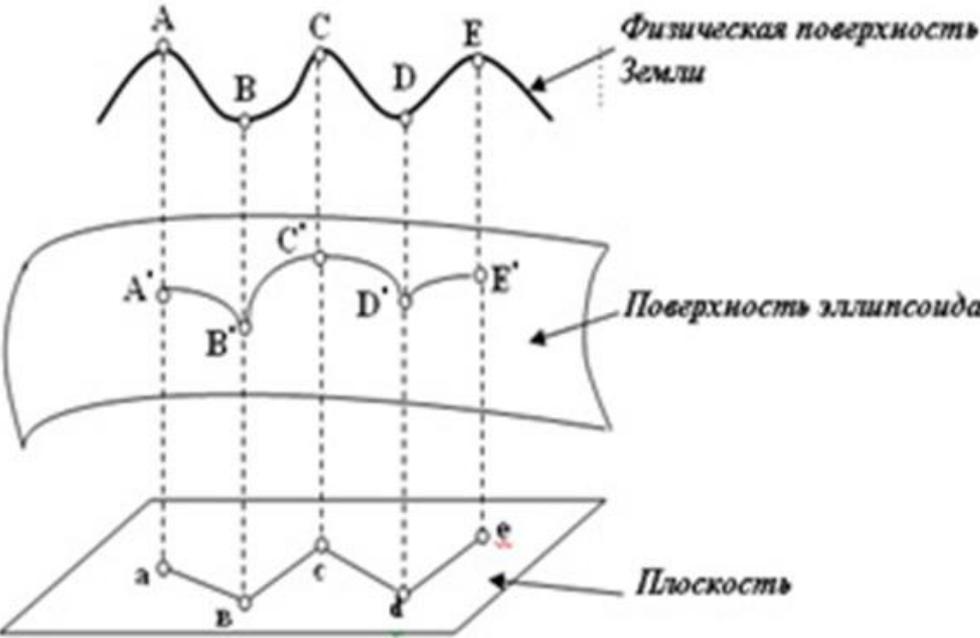


Рисунок. Ортогональное проектирование точек

В общем случае картографические проекции вызывают искажения как углов, так и длин. В геодезии выгодно применять такие проекции эллипсоида на плоскость, которые не искажали бы углов. Подобные проекции называются равноугольными, или конформными. Возникающие при этом искажения длин и площадей должны быть незначительными.



Рисунок. Поперечная цилиндрическая проекция

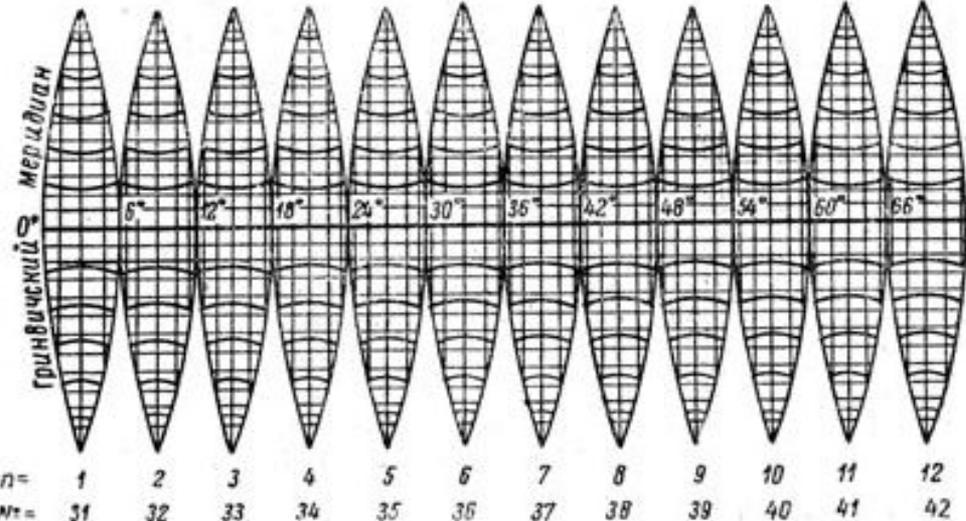
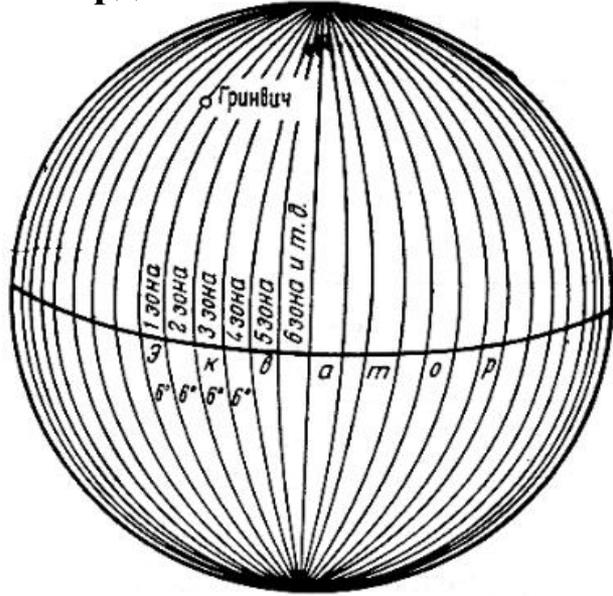
Плоские системы координат: прямоугольная СК

Требованиям сохранения подобия и незначительности искажения размеров фигур в лучшей степени удовлетворяет проекция, предложенная К.Ф. Гауссом и математически разработанная Крюгером.

Зональная система плоских прямоугольных координат

Равноугольная картографическая проекция и соответствующая ей система плоских прямоугольных координат Гаусса-Крюгера принята в России в 1928 году. При помощи этой проекции получают изображения отдельных участков уровенной поверхности Земли на плоскости, ограниченной двумя меридианами, разность долгот которых равна 6° . Такой участок называют зоной.

При помощи этой проекции получают изображения отдельных участков уровенной поверхности Земли на плоскости, ограниченной двумя меридианами, разность долгот которых равна 6° . Такой участок называют зоной.



Каждая из зон в отдельности проецируется на плоскость, получая изображение поверхности земного шара в виде шестидесяти плоских двугульников, примыкающих друг к другу на экваторе.

Нумерация зон ведется с запада на восток от Гинвичского меридиана, который является западной границей первой зоны. Средний меридиан каждой зоны называют осевым.

Плоские системы координат: прямоугольная СК

Каждая из зон имеет прямоугольную систему координат, за начало которых в каждой зоне принимается пересечение осевого меридиана (оси абсцисс x) и экватора (оси ординат y). Система правая, нумерация четвертей ведется по ходу часовой стрелки, начиная с северо-восточной четверти.

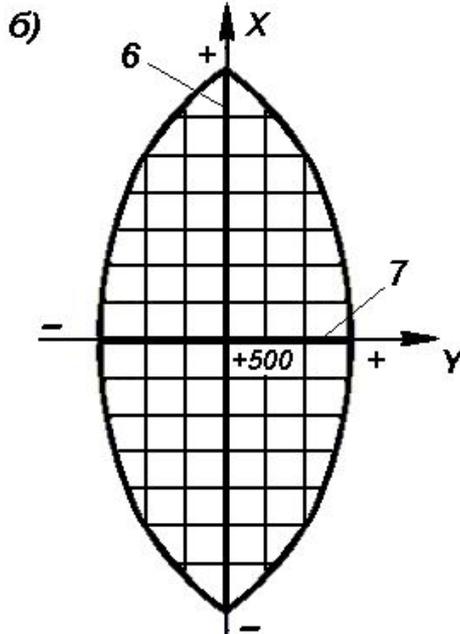
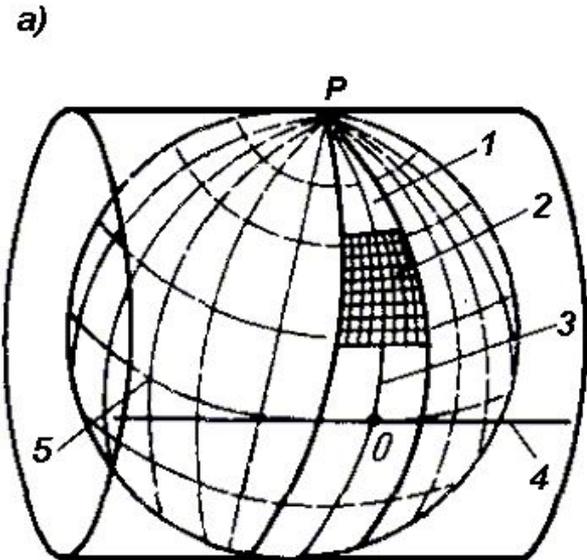


Рисунок. Равноугольная картографическая проекция Гаусса-Крюгера (а) и зональная система координат (б) : 1-зона, 2-координатная сетка, 3-осевой меридиан, 4-проекция экватора на поверхность цилиндра, 5-экватор, 6-ось абсцисс, проекция осевого меридиана, 7-ось ординат-проекция экватора

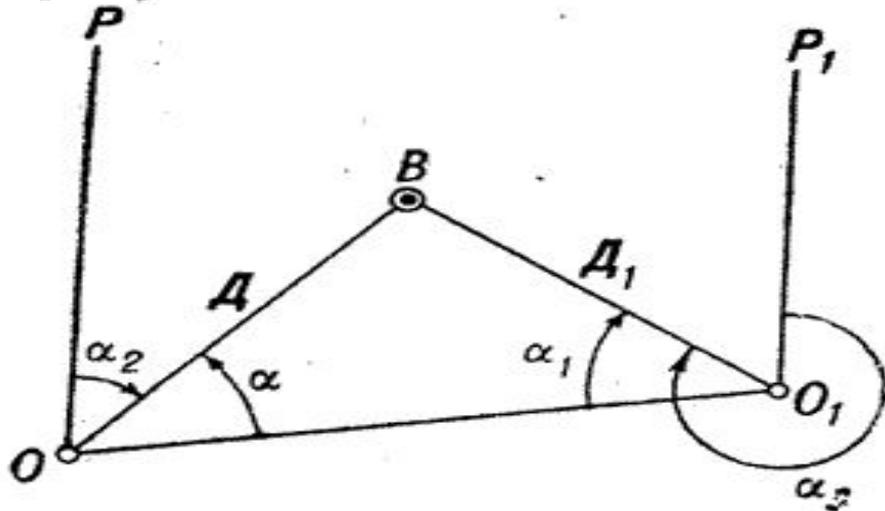
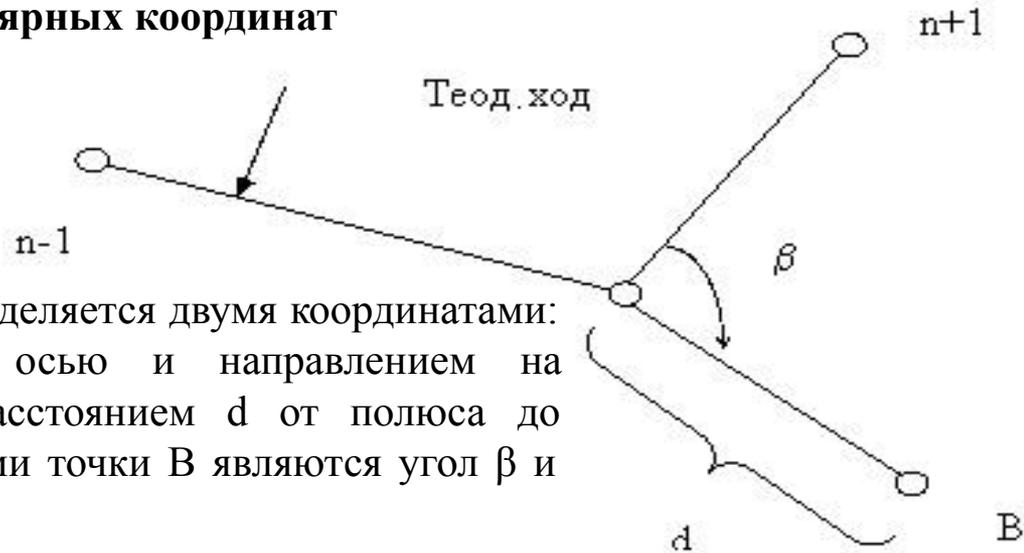
Абсциссы x северной части зоны – положительные, в южной части – отрицательные; ординаты y имеют знак плюс в восточной части зоны и знак минус в западной. Для всех точек на территории России абсциссы имеют положительное значение. Для того чтобы и ординаты точек были только положительными, в каждой зоне ординату начала координат принимают равной 500 км. Таким образом, точки, расположенные к западу от осевого меридиана имеют ординаты y меньше 500 км., а к востоку – больше 500 км. Эти ординаты называются преобразованными. Для установления зоны, к которой относится точка с данными координатами, к значению ординаты слева приписывается номер зоны. *Пример записи прямоугольных координат: точка с координатами $x = 6015,76$ и $y = 9652,66$ км находится в зоне №9 на расстоянии 152,66 км к востоку от осевого меридиана этой зоны.*

Плоские системы координат: система полярных координат

При определении планового положения точек на небольших участках местности в процессе съёмки и при геодезических разбивочных работах (выносе точек в натуру на горизонтальной плоскости) широко применяется система плоских полярных координат

Система полярных координат

Элементами системы являются: полярная ось Ox , за которую может быть принято любое направление; и начало координат (полюс), принимаемое произвольно. Положение точек на плоскости в рассматриваемой системе определяется двумя координатами: горизонтальным углом между полярной осью и направлением на определяемую точку; и горизонтальным расстоянием d от полюса до определяемой точки. Полярными координатами точки B являются угол β и полярное расстояние d .



Разновидностью полярных координат являются **биполярные** (например, точки B) - это две линейные или две угловые величины, которые определяют положение точки на местности или карте относительно двух точек (полюсов), принятых за начальные.

Плоские системы координат: связь между СК

Связь между прямоугольными и географическими координатами

Очевидно, что координатные оси и начало координат в каждой шестиградусной зоне имеют вполне определённое географическое положение на земной поверхности.

Это обеспечивает взаимосвязь прямоугольных координат отдельных зон между собой и с системой географических координат на земном эллипсоиде. Точный пересчёт прямоугольных координат точек в географические производят по специальным таблицам.

Когда при пересчёте не требуется высокая точность определения координат, эллипсоид заменяют шаром, а для вычисления используют формулы:

$$\varphi \approx X / 111,2$$

$$\lambda \approx N \cdot 6^\circ - 3^\circ + (Y - 500) / 111,2 \cdot \cos \varphi$$

где φ и λ - геодезические широта и долгота точки в градусах; N- номер зоны;

X - абсцисса точки в километрах;

Y - ордината точки в километрах;

111,2 - средняя длина дуги меридиана, в километрах на градус.

Связь между прямоугольными и полярными координатами

От полярных координат объектов к прямоугольным и наоборот переходят путём решения прямой и обратной геодезических задач на плоскости и на эллипсоиде (см. след слайд).

Прямая геодезическая задача - это вычисление координат X_2 , Y_2 второго пункта, если известны координаты X_1 , Y_1 первого пункта, дирекционный угол α и длина d линии, соединяющей эти пункты.

Обратная геодезическая задача - это вычисление дирекционного угла α и длины d линии, соединяющей два пункта с известными координатами X_1 , Y_1 и X_2 , Y_2

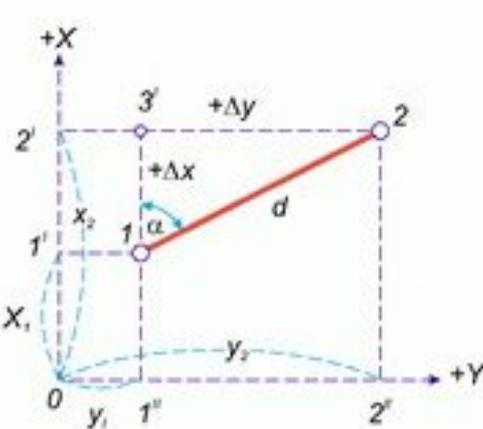
Прямая и обратная геодезические задачи

Прямая геодезическая задача на плоскости

Известны:

- координаты точки 1: $x, y,$
- горизонтальное проложение линии 12 - d
- дирекционный угол линии 12 - α

Координаты точки 2 определяются по формулам:



$$\left. \begin{aligned} x_2 &= x_1 + \Delta x \\ y_2 &= y_1 + \Delta y \end{aligned} \right\} \text{Приращения} \\ \left. \begin{aligned} \Delta x &= d \cos \alpha \\ \Delta y &= d \sin \alpha \end{aligned} \right\} \text{координат} \\ \text{где } \Delta x = 13' \text{ и } \Delta y = 23' \\ \left. \begin{aligned} \Delta x &= d \cos r \\ \Delta y &= d \sin r \end{aligned} \right\} \\ \left. \begin{aligned} x_2 &= x_1 + d \cos r \\ y_2 &= y_1 + d \sin r \end{aligned} \right\}$$

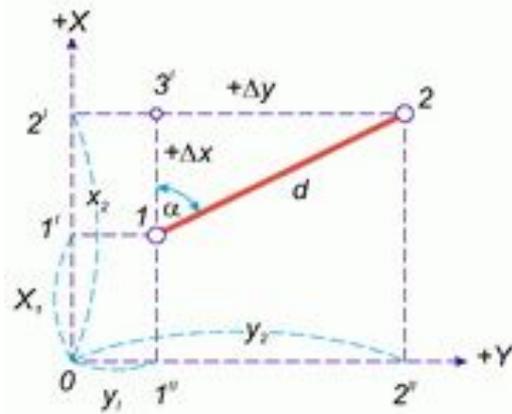
Знаки приращений:

Название румбов	СВ	ЮВ	ЮЗ	СЗ
Дирекционные углы	$0 - 90^\circ$	$90^\circ - 180^\circ$	$180^\circ - 270^\circ$	$270^\circ - 360^\circ$
Знаки Δx и Δy	++	-+	--	+-

Обратная геодезическая задача на плоскости

Известны:

- координаты точки 1 (x_1, y_1) и точки 2 (x_2, y_2)



$$13' = x_2 - x_1 = \Delta x \\ 23' = y_2 - y_1 = \Delta y$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}, \quad \operatorname{ctg} \alpha = \frac{\Delta x}{\Delta y} = \frac{x_2 - x_1}{y_2 - y_1}$$

Длину горизонтального проложения определяют по формулам:

$$\left. \begin{aligned} d &= \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} = \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2} \\ d &= \frac{\Delta x}{\cos \alpha} = \frac{x_2 - x_1}{\cos \alpha} \\ d &= \frac{\Delta y}{\sin \alpha} = \frac{y_2 - y_1}{\sin \alpha} \end{aligned} \right\}$$

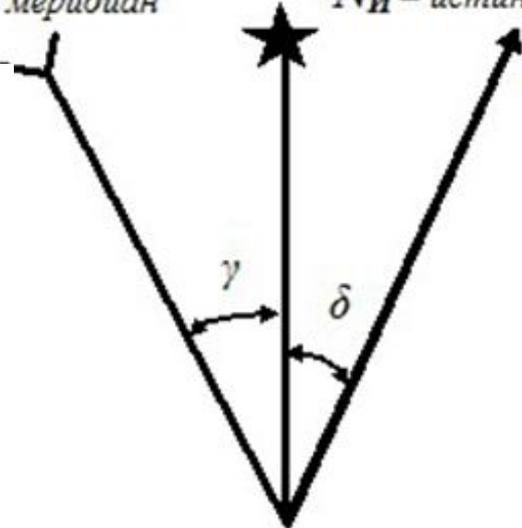
Ориентирование линий: ориентирные направления

Ориентировать линию на местности – значит определить ее положение относительно другого направления, принимаемого за исходное. В качестве исходных в геодезии используют следующие северные направления меридианов:

N_0 - осевой меридиан

$N_{И}$ - истинный меридиан

N_M - магнитный меридиан



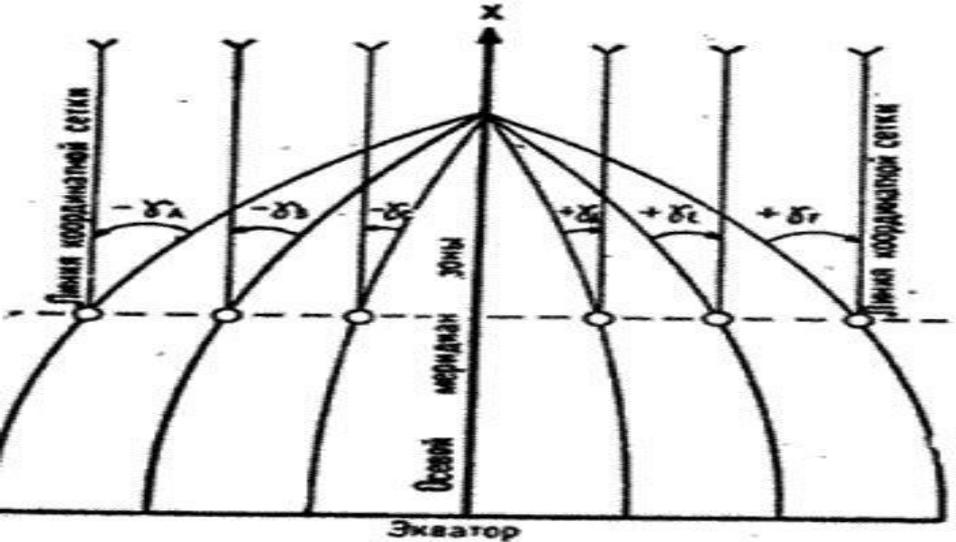
Направление $N_{И}$ - это горизонтальная линия в плоскости географического меридиана. Оно указывает на Северный полюс Земли.

Направление N_M - это горизонтальная линия в плоскости магнитного меридиана, то есть отвесной плоскости, проходящей через ось свободно подвешенной магнитной стрелки.

Направление N_0 - это направление параллельное осевому меридиану или оси абсцисс координатной сетки зоны.

Угол между истинным и магнитным меридианами называется магнитным склонением. Восточному склонению приписывают знак плюс, западному – знак минус.

Угол между истинным меридианом и вертикальной линией сетки называют сближением меридианов. Оно так же может быть западным - со знаком (-) или восточным – со знаком (+).

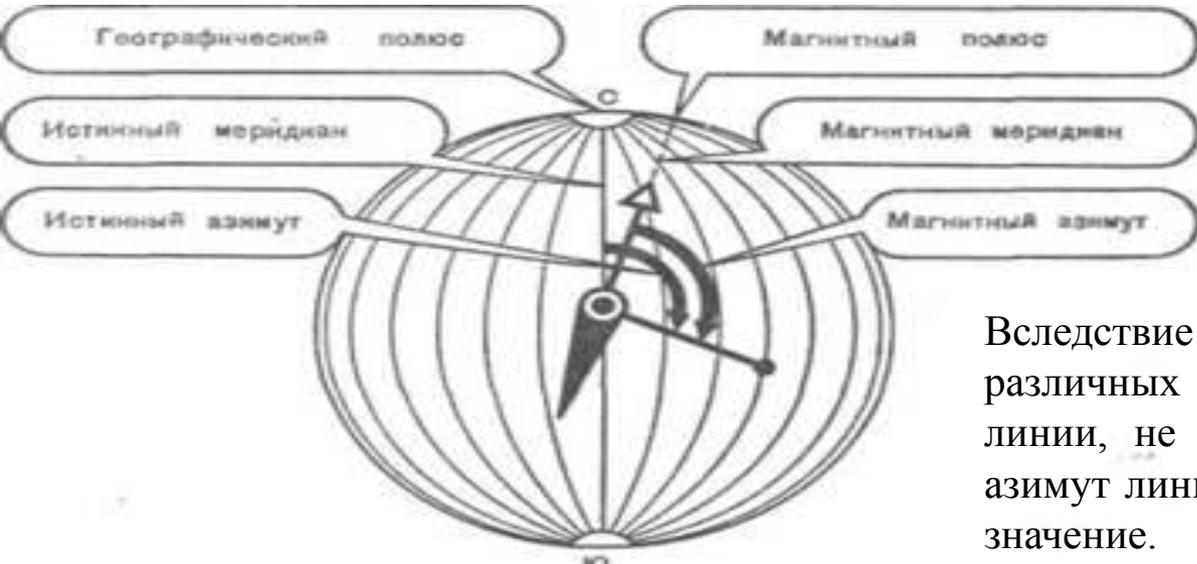
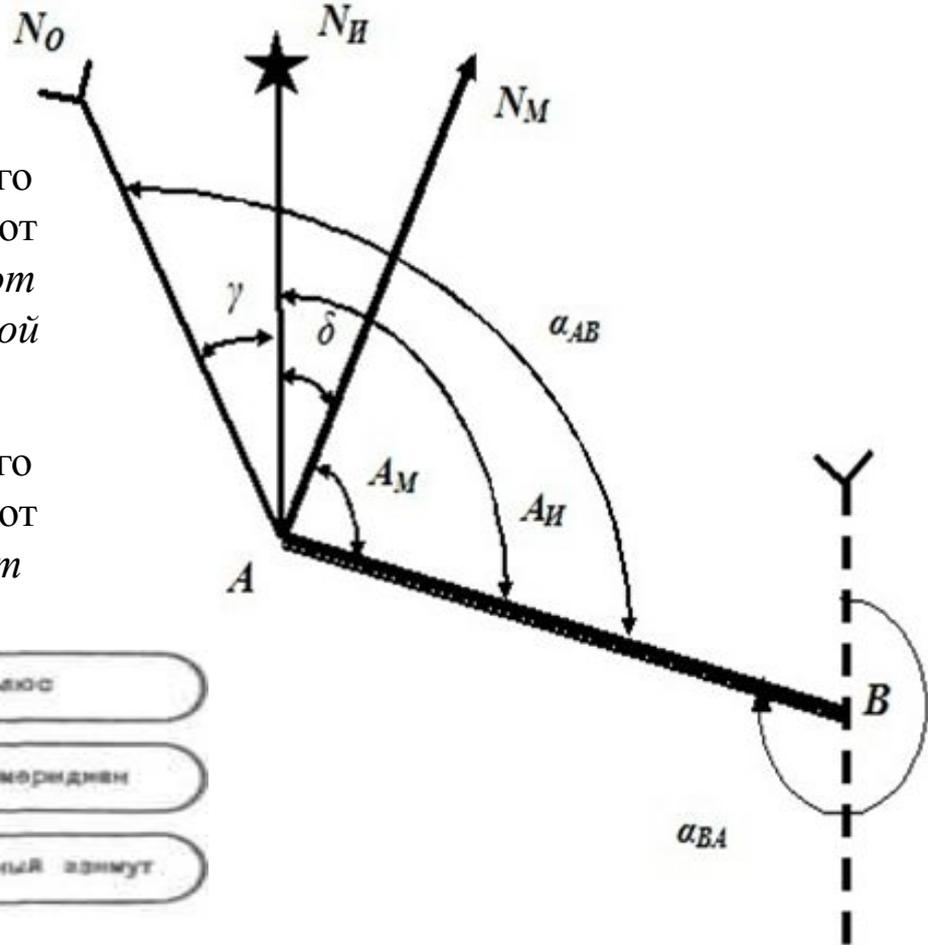


Ориентирные углы: азимуты

Ориентирование линии местности относительно исходных направлений осуществляют с помощью ориентирных углов (*горизонтальный угол между исходным направлением и ориентируемой линией*).

Угол между северным направлением истинного меридиана и направлением данной линии называют **истинным азимутом $A_{и}$** . Отсчитывают от истинного меридиана по направлению часовой стрелки (изменяется от 0^0 до 360^0).

Угол между северным направлением магнитного меридиана и направлением данной линии называют **магнитным азимутом $A_{м}$** . Отсчитывается от магнитного меридиана по ходу часовой стрелки.

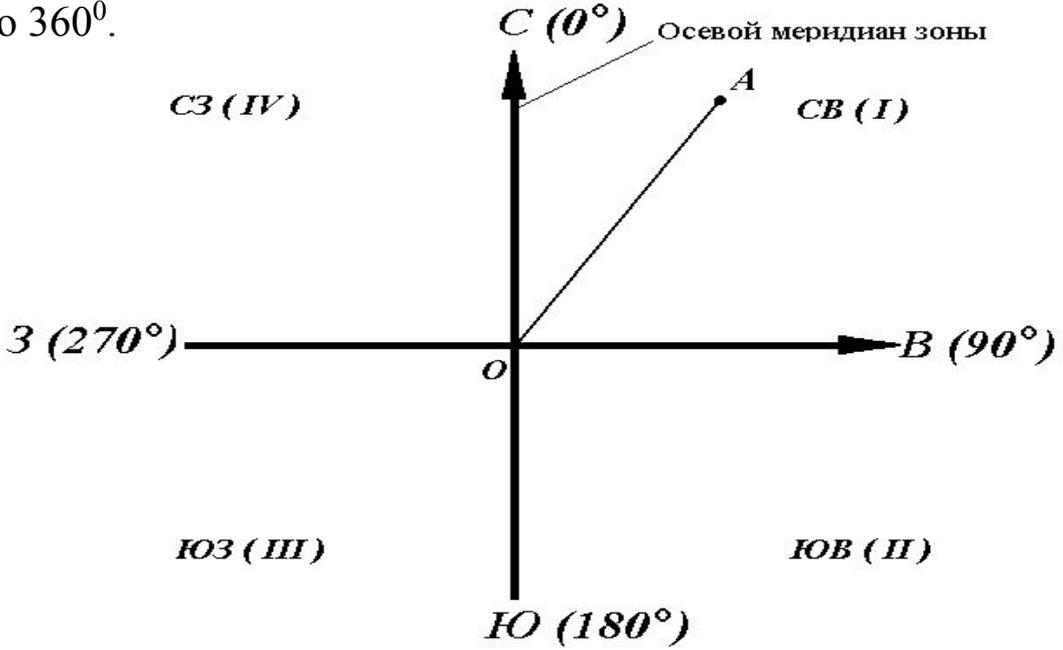


Вследствие сферичности Земли меридианы в различных точках, расположенных на одной линии, не параллельны между собой. Поэтому азимут линии в каждой ее точке имеет различное значение.

Ориентирные углы: дирекционный угол

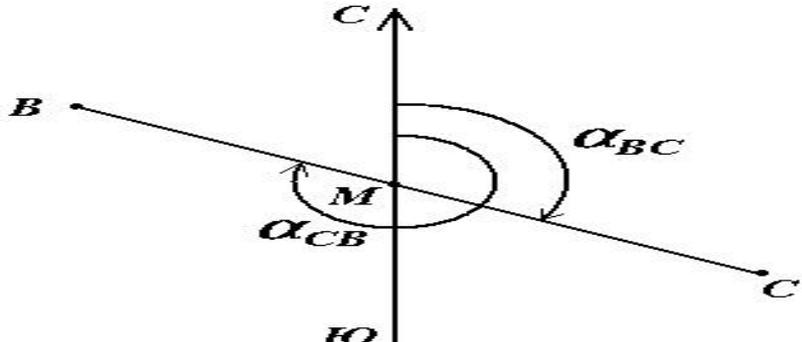
В отличие от азимутов третий ориентирный угол - дирекционный угол линии в любой ее точке сохраняет свою величину.

Угол между северным направлением осевого меридиана и направлением данной линии называют **дирекционным углом** α . Он отсчитывается от осевого меридиана по ходу часовой стрелки и изменяется от 0^0 до 360^0 .



Важно: Дирекционный угол направления не может быть измерен непосредственно на местности.

У линии различают прямое (BC) и обратное (CB) направления. Соответственно говорят о дирекционном угле прямого и обратного направления. Зависимость между этими углами видна на рисунке:



$$\alpha_{обр} = \alpha_{прям} + 180^0$$

Ориентирные углы: зависимости между углами

Между истинным, магнитным азимутами и дирекционным углом существуют математические зависимости:

$$A_{и} = \alpha + (\pm \gamma)$$

$$A_{и} = A_{м} + (\pm \delta)$$

$$\text{или } A_{м} = \alpha + (\pm \gamma) - (\pm \delta)$$

На практике иногда пользуются румбами. Румбом называют острый угол между ближайшим (северным или южным) исходным направлением и данной линией. Обозначение румба начинают с указания четверти: СВ (северо-восток), ЮВ (юго-восток), ЮЗ (юго-запад), СЗ (северо-запад); далее записывают числовое значение угла.

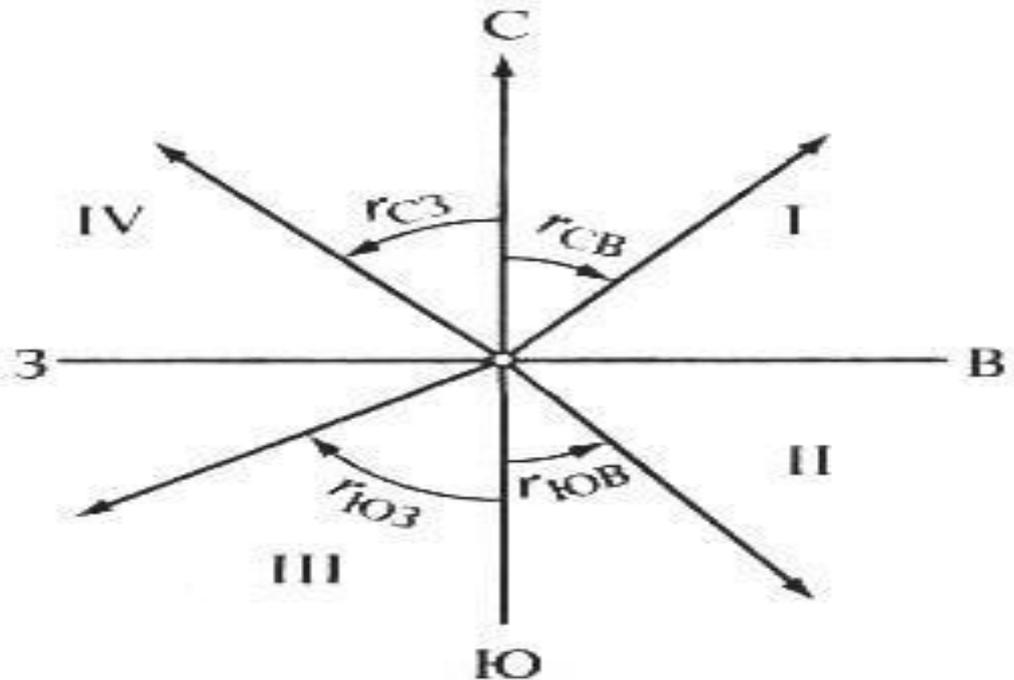
Румб вычисляют по формулам:

$$\text{I четверть (СВ)} \quad r = \alpha$$

$$\text{II четверть (ЮВ)} \quad r = 180^\circ - \alpha$$

$$\text{III четверть (ЮЗ)} \quad r = \alpha - 180^\circ$$

$$\text{IV четверть (СЗ)} \quad r = 360^\circ - \alpha$$

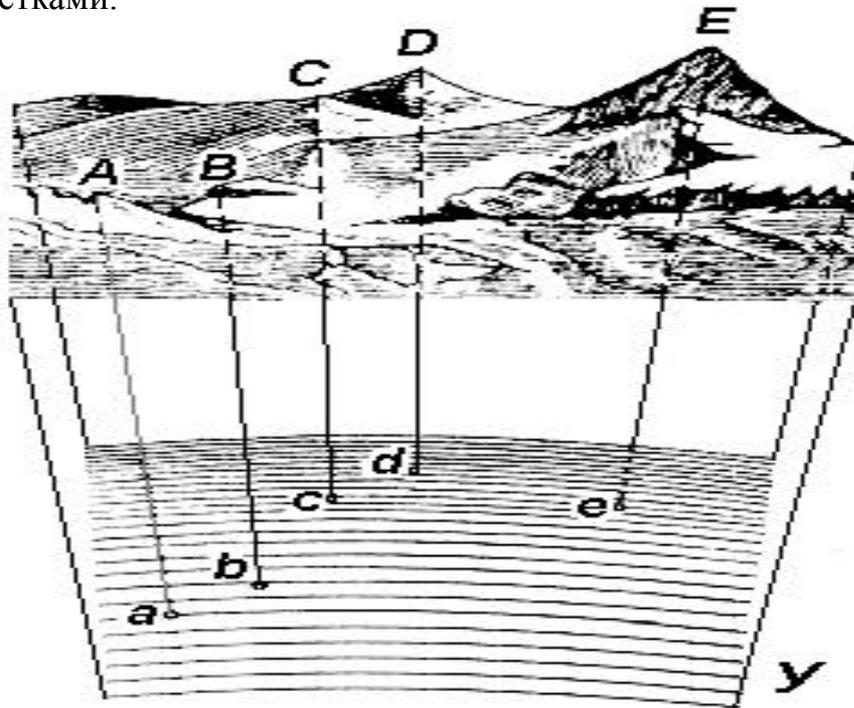


Метод проекции в геодезии

Изобразить земную поверхность на плоскости - значит изобразить на ней очертания различных предметов местности. Всякий контур - это непрерывный ряд точек. Изображение земной поверхности на плоскости сводится таким образом к изображению отдельных точек.

При изображении на плоскости (листе бумаги) различных контуров земной поверхности все их точки проектируют со сложной физической поверхности Земли на более простую поверхность по перпендикулярам к этой поверхности. Таковыми поверхностями могут быть поверхность земного эллипсоида, шара или плоскость.

Т.е. метод горизонтальной проекции заключается в том, что изучаемые точки (A, B, C, D, E) местности с помощью вертикальных (отвесных) линии проектируются на уровенную поверхность $У$, в результате чего получают горизонтальные проекции этих точек (a, b, c, d, e). Отрезки Aa, Bb, Cc, Dd, Ee называются высотами точек, а численные их значения – отметками.

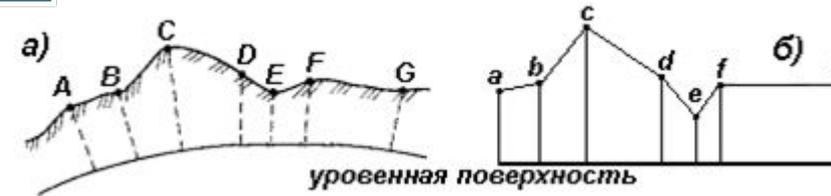


Проектирование точек земной поверхности по перпендикулярам к принятой поверхности называется ортогональным проектированием.

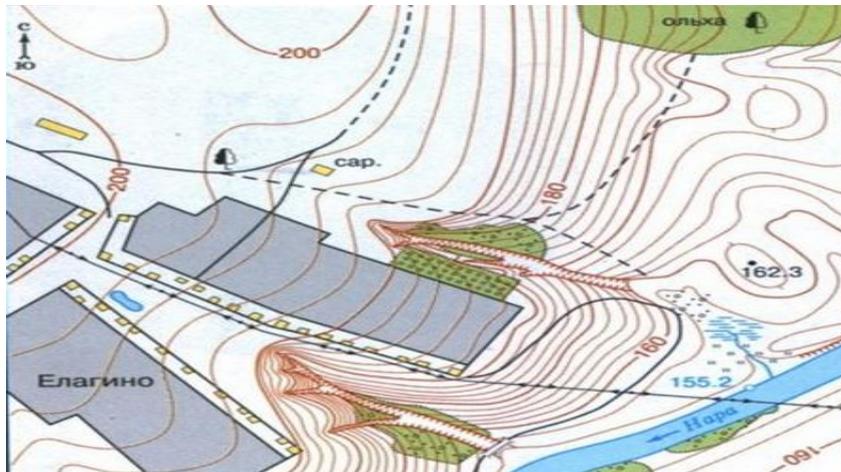
Топографические материалы



Профили местности представляют собой уменьшенное изображение вертикального разреза земной поверхности вдоль заданного направления.



Картой называют уменьшенное, подобное изображение земной поверхности на плоскости, построенное в какой-либо картографической проекции. *За последние двадцать лет карты превратились из листка бумаги в цифровой интерактивный инструмент.*



На топографическом плане изображают малые по размеру участки земной поверхности, принимаемых за плоскость (размером 20x20 кв. км.). Если план составляют без изображения рельефа, то его называют *ситуационным* или *контурным*.

Участки земной поверхности изображаются на плане без учёта её кривизны, так как размеры этих участков малы.

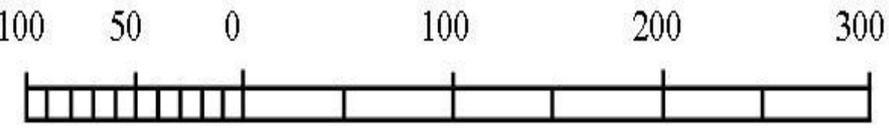
Топографические материалы: масштабы

Масштабом карты или плана называется отношение длины линии на плане или карте к длине горизонтального проложения (проекция на горизонт. плоскость) соответствующей линии местности.

Если L-длина линии на местности, а l-длина линии на карте или плане, то масштаб определяется как:

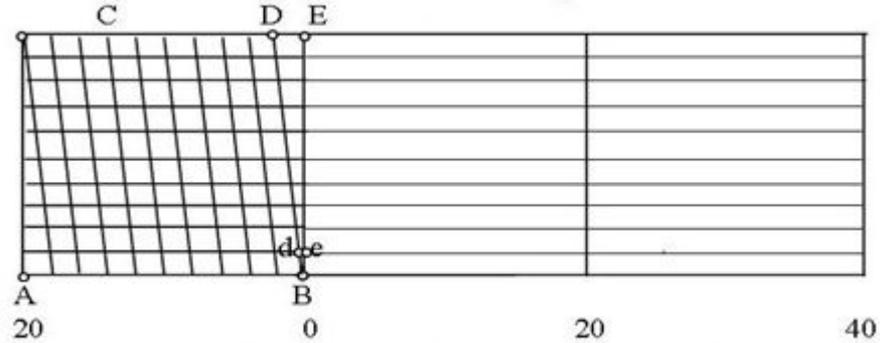
$$M = l : L.$$

Масштаб выраженный дробью, числитель которой - единица, а знаменатель - число, показывающее, во сколько раз уменьшены линии и предметы при изображении их на плане или карте, называется численным масштабом (например, 1:5000), который может быть представлен в виде графического масштаба – линейного или поперечного.



Линейный масштаб 1:5000

Линейный масштаб применяется для измерения длин линии с невысокой точностью, представляет собой линию, разделённую на равные отрезки, называемые основанием масштаба. Основание масштаба соответствует определённому числу метров горизонтального проложения на местности. Например, если основание масштаба равно 2 см, то при численном масштабе 1:5000 это соответствует 100 м гориз. проложения. Левое основание масштаба делится ещё на 10 частей через 2 мм или на 20 частей через 1 мм. (для масштаба 1:5000 цена деления равна 10 м.

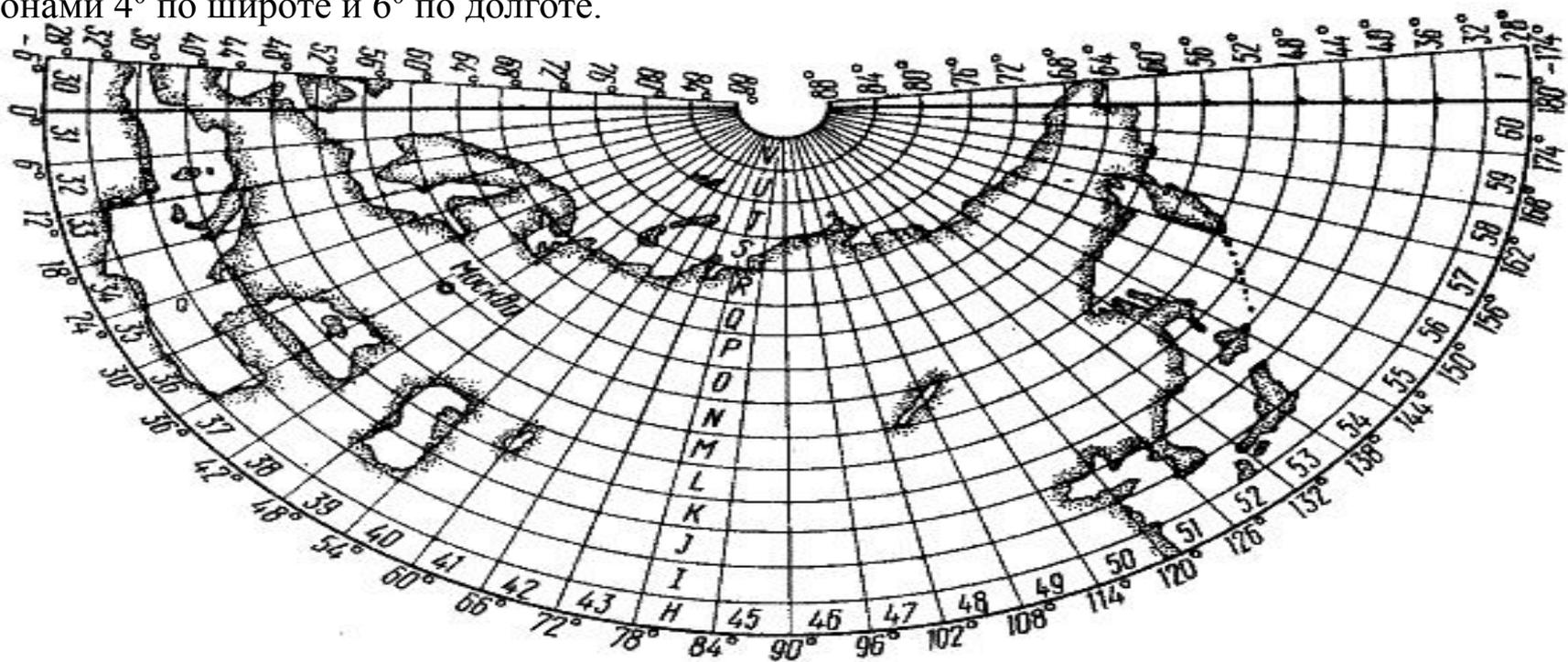


Поперечный масштаб

Для построения поперечного масштаба на прямой откладывают основания, из концов которых восстанавливают перпендикуляры. Левое верхнее и нижнее основания и крайние перпендикуляры делят на 10 равных частей и соединяют соответствующие точки прямыми линиями. Из подобия треугольников ВДЕ и bde следует $de/DE=Bd/BD$, или $de=DE*Bd/BD$. Так как $DE=0.1AB$, а $Bd=0.1BD$, то $de=0.1AB*0.1BD=0.01AB$. Т.е. наименьшее деление масштаба соответствует 0.01 основания.

Топографические материалы: номенклатура карт

Система обозначения (нумерации) отдельных листов многолистной карты называется номенклатурой. Исходным для установления номенклатуры листов карт более крупного масштаба является лист карты масштаба 1:1000000, который получают делением земного шара меридианами, проводимыми через 6° , и параллелями – через 4° . После проектирования земного эллипсоида с построенной сеткой меридианов и параллелей на плоскость получают множество листов карт масштаба 1:1000000 со сторонами 4° по широте и 6° по долготе.



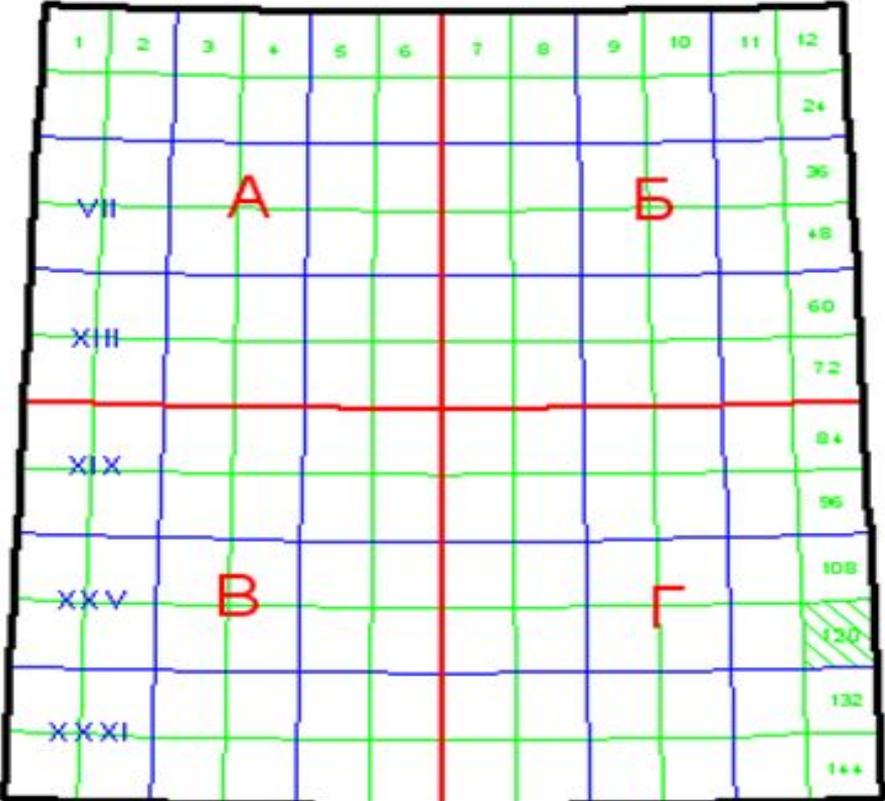
Номенклатура листа карты масштаба 1:1000000 складывается из обозначения ряда и колонны. Колонны нумеруются арабскими цифрами на восток от 180-градусного меридиана. Таким образом, номер колонн отличается от номера 6-градусной зоны на 30. Ряды обозначаются прописными буквами латинского алфавита к северу и югу от экватора. Например, лист карты масштаба 1:1000000 где располагается точка М с координатами $\varphi = 53^{\circ}14'00''$, $\lambda = 47^{\circ}24'00''$ имеет номенклатуру N-38.

Топографические материалы: номенклатура карт

Очевидно, что территория, которая изображена на одном листе карты масштаба 1:1000000, может быть изображена на нескольких листах карты более крупного масштаба.

Деление листа карты одного масштаба на листы карты более крупного масштаба называется разграфкой карты. Например, одному листу карты масштаба 1:1000000 соответствует 4 листа карты масштаба 1:500000, которому соответствует 9 листов карты масштаба 1:200000, которому в свою очередь соответствует 4 листа карты масштаба 1:100000.

N-38



Пример номенклатуры:

1:1000000 N-38

1:500000 N-38-Г

1:200000 N-38-Г-XXX

1:100000 N-38-107

Топографические материалы: номенклатура карт

Продолжим пример определения номенклатуры для точки М с координатами $\varphi = 53^{\circ}14'00''$, $\lambda = 47^{\circ}24'00''$. Согласно предыдущего слайда одному листу карты масштаба 1:1000000 соответствует 144 листа карты масштаба 1:100000, обозначаемые арабскими цифрами от 1 до 144.

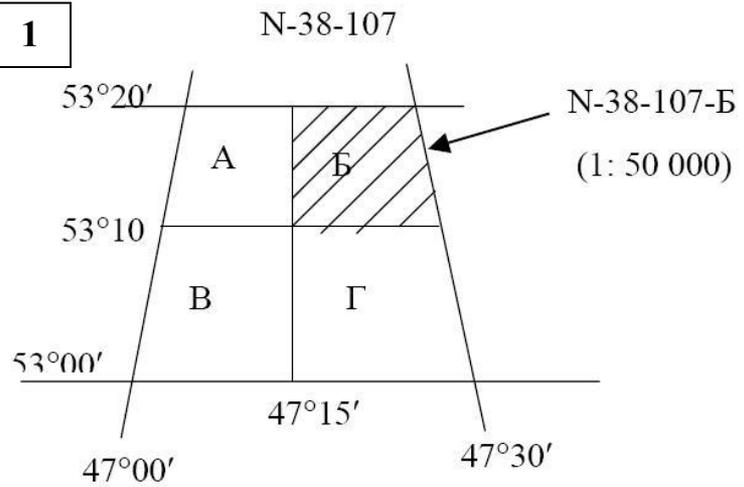
N - 38

											56°
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
13											24
25											36
37											48
49											60
61											72
73											84
85											96
97									106	107	108
109											120
121											132
133											144
42°	43°	44°	45°	46°	47°	48°	52°				

Очевидно, что точка М находится в 107 листе. Его номенклатура N-38-107. Вынесем этот лист отдельно с обозначенными координатами рамок (см. следующий слайд)

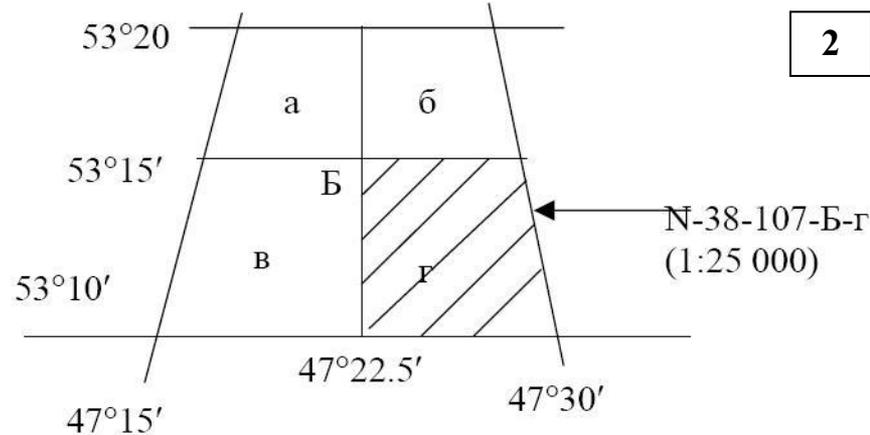
Топографические материалы: номенклатура карт

1

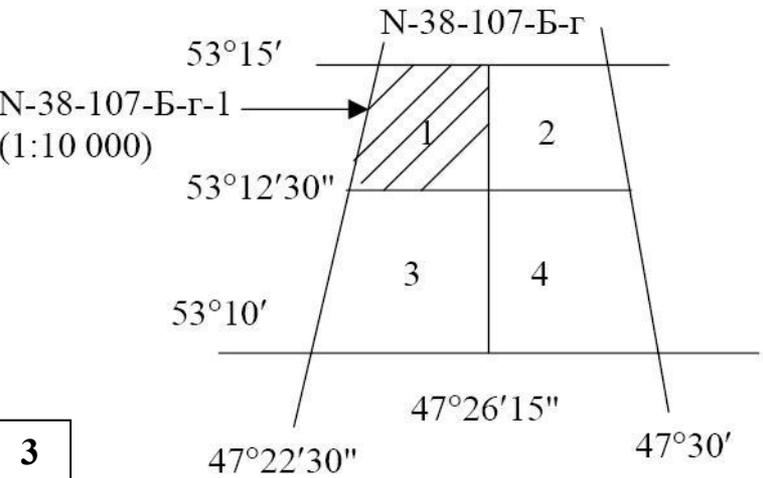


Отметим, что одному листу карты масштаба 1:100000 соответствует 4 листа карты масштаба 1:50000, обозначаемые заглавными русскими буквами А, Б, В, Г. Из рисунка видно, что искомая точка находится в листе, имеющем следующую номенклатуру - N-38-107-Б.

Одному листу карты масштаба 1:50000 соответствует 4 листа карты масштаба 1:25000, обозначаемые строчными русскими буквами а, б, в, г. Из рисунка справа видно, что искомая точка находится в листе, имеющем следующую номенклатуру - N-38-107-Б-г.



2

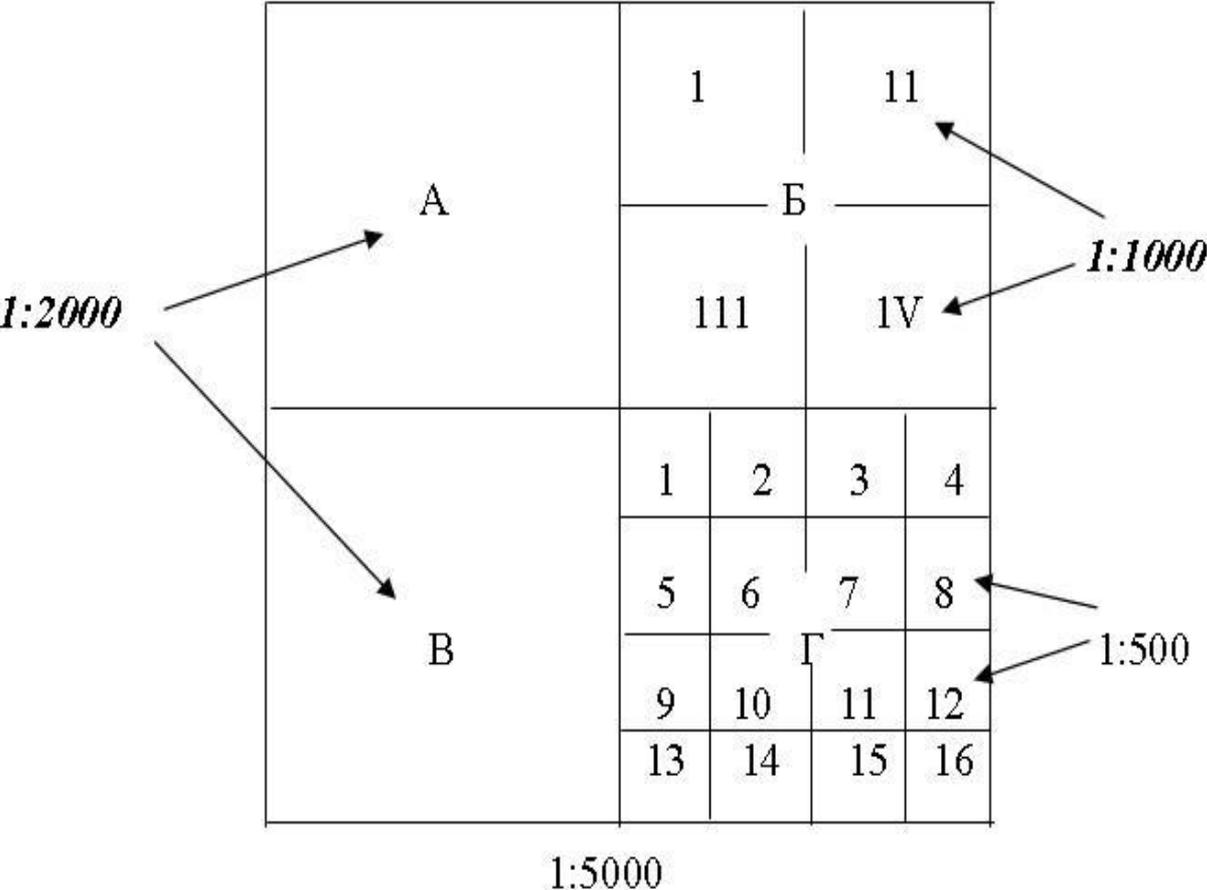


Одному листу карты масштаба 1:25000 соответствует 4 листа карты масштаба 1:10000, обозначаемые арабскими цифрами 1, 2, 3, 4. Из рисунка видно, что искомая точка находится в листе, имеющем следующую номенклатуру - N-38-107-Б-г-1.

3

Топографические материалы: номенклатура планов

Для топопланов участков местности площадью менее 20 кв. км применяется квадратная разграфка, не связанная с общегосударственной номенклатурой. Рамки планов масштаба 1:5000 рекомендуются 40x40 см, а для листов масштабов 1:2000, 1:1000, 1:500 - 50x50 см. В основу разграфки планов положен лист масштаба 1:5000, обозначенный условной арабской цифрой, но не в скобках.

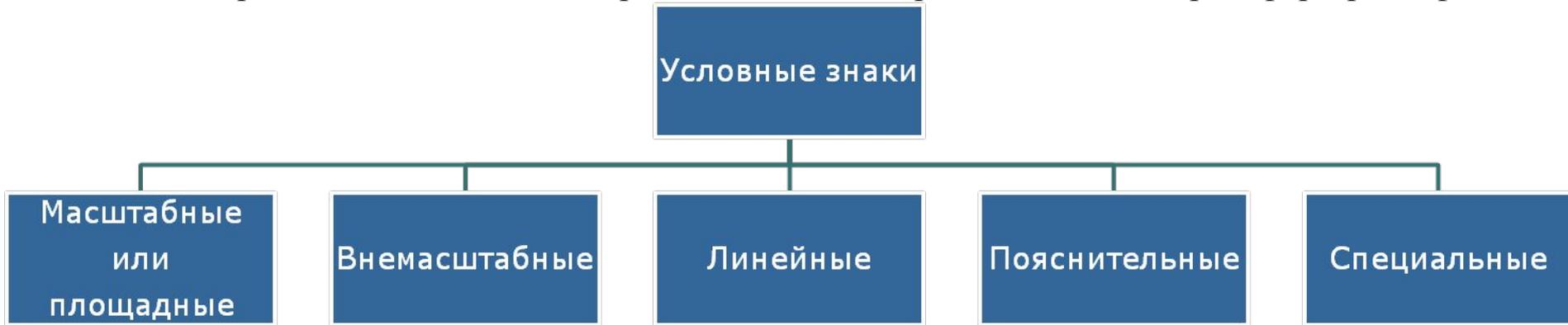


В пределах этого листа расположены 4 листа плана масштаба 1:2000 с обозначением листов заглавными буквами русского алфавита (А,Б,В, Г). Каждый лист плана масштаба 1:2000 содержит 4 листа плана масштаба 1:1000 с обозначением их римскими цифрами (1, 11, 111, 1V) или 16 листов плана масштаба 1:500 с обозначением их арабскими цифрами (1,2,3,...16).

Обозначение листов плана масштабов 1:5000 - 1:500

Топографические материалы: условные знаки

Условные знаки топографических карт и планов - это графические, буквенные и цифровые обозначения, предназначенные для изображения местных предметов и некоторых форм рельефа.

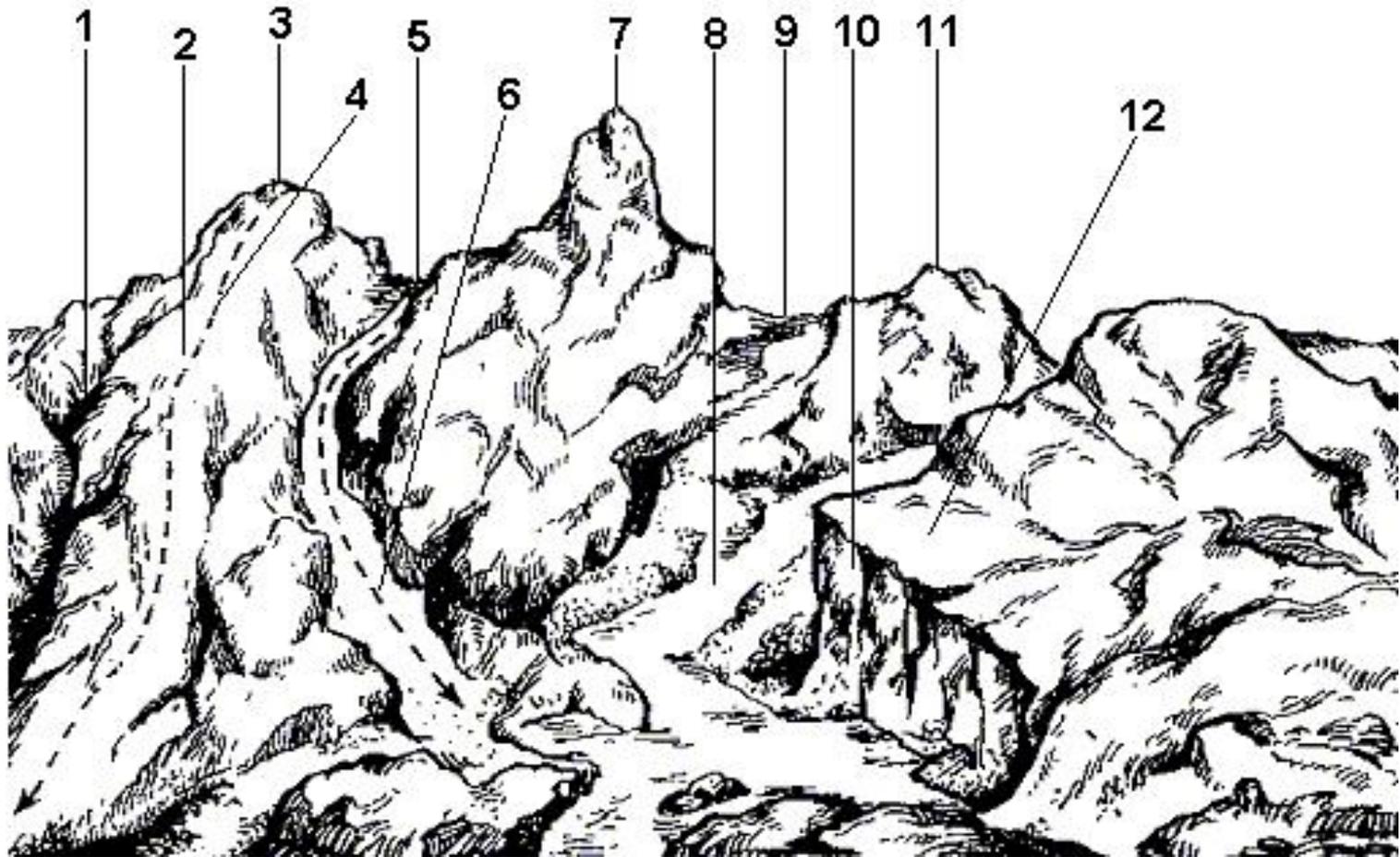


- Масштабные - условные знаки, выражающие собой площади в масштабе карты или плана.
- Внемасштабные - условные знаки, отображающие собой объекты, которые не могут быть в силу их малых размеров выражены в масштабе карты (мельницы колодцы мосты и т.п.).
- Пояснительные - условные знаки, предназначенные для дополнительной характеристики местных предметов. К ним относят полные и сокращённые подписи (названия населённых пунктов, характеристики заводов, фабрик и т.п.), буквенные обозначения (материал покрытия шоссе), цифровые надписи (отметки горизонталей, отдельных точек местности), графические обозначения (направление течения реки, фигуры хвойных или лиственных деревьев и т.п.).
- Специальные - условные знаки, устанавливаемые различными ведомствами для составления специальных карт и планов, на которых изображаются теплотрассы, водопроводы, канализация и т.п.

Чтобы придать карте большую наглядность для изображения различных объектов местности применяют определённые цвета : синий - для объектов гидрографии, зелёный - для растительного покрова, оранжевый - для улучшенных грунтовых дорог, красный - для шоссейных дорог и т.д.

Рельеф местности

Рельеф – основная характеристика местности, как совокупность неровностей физической поверхности Земли рассматривается по отношению к её уровенной поверхности. Его учитывают при проектировании строительства, преобразуют в формы, удобные для эксплуатации сооружений. Правильное освоение и использование территорий невозможно без учёта рельефа.



Формы рельефа:

- 1 — лощина;
- 2 — хребет;
- 3, 7, 11 — гора;
- 4 — водораздел;
- 5, 9 — седловина;
- 6 — тальвег;
- 8 — река;
- 10 — обрыв;
- 12 — терраса

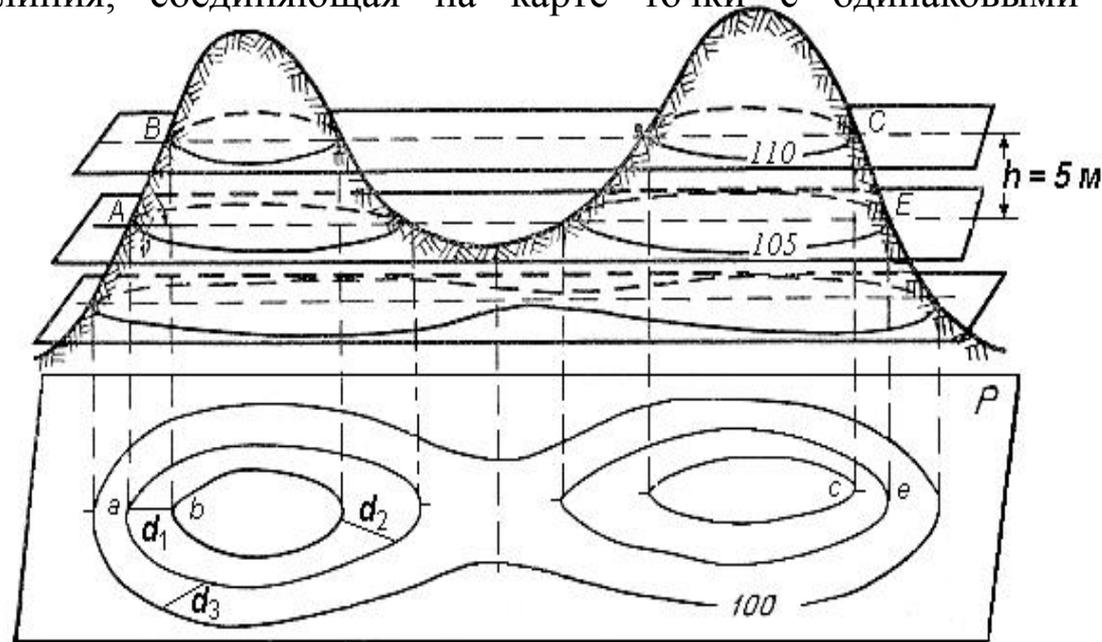
К основным формам рельефа относятся: гора (холм), котловина, хребет, лощина, седловина и др., вершины и самые низкие точки которых являются характерными точками рельефа:

Рельеф местности: изображение на картах и планах

На картах и планах рельеф изображают горизонталями, а также масштабными и внемасштабными условными знаками. Метод горизонталей в сочетании с методом отметок, когда подписывают высоты над уровнем моря отдельных характерных точек местности, является основным.

Горизонталью называют след от пересечения физической поверхности Земли уровенной поверхностью (Горизонталь – это кривая замкнутая линия, соединяющая на карте точки с одинаковыми абсолютными высотами).

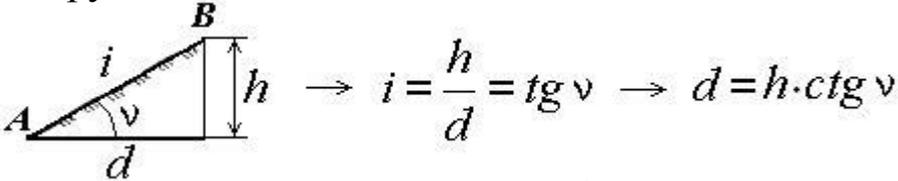
Для наглядного представления горизонтали вообразим холм, который будем резать секущими плоскостями. Рассечем возвышенность первой плоскостью. Спроектировав линию сечения на плоскость P , получим на ней вид сверху линии среза в виде горизонтали. Проведем еще одну секущую плоскость на высоте h от предыдущей. Получим еще один срез, а на плоскости – след от неё в виде горизонтали.



Высота сечения рельефа (h) в пределах плана или карты строго постоянна. Её выбор зависит от характера рельефа, масштаба и назначения карты или плана. Для определения высоты сечения рельефа иногда пользуются формулой $h = 0,2\text{мм} \cdot M$, где M – знаменатель масштаба. Такая высота сечения рельефа называется **нормальной**. Расстояние между соседними горизонталями на плане или карте называется **заложением ската** или **склона**. Заложение есть любое расстояние между соседними горизонталями (см. рис. 2 (d_1, d_2, d_3)), оно характеризует крутизну ската местности и обозначается d .

Рельеф местности

Вертикальный угол, образованный направлением ската с плоскостью горизонта и выраженный в угловой мере, называется углом наклона ската ν . Для быстрого определения угла наклона по карте пользуются специальным графиком заложений, который помещается внизу листа карты справа. Чем больше угол наклона, тем круче скат.



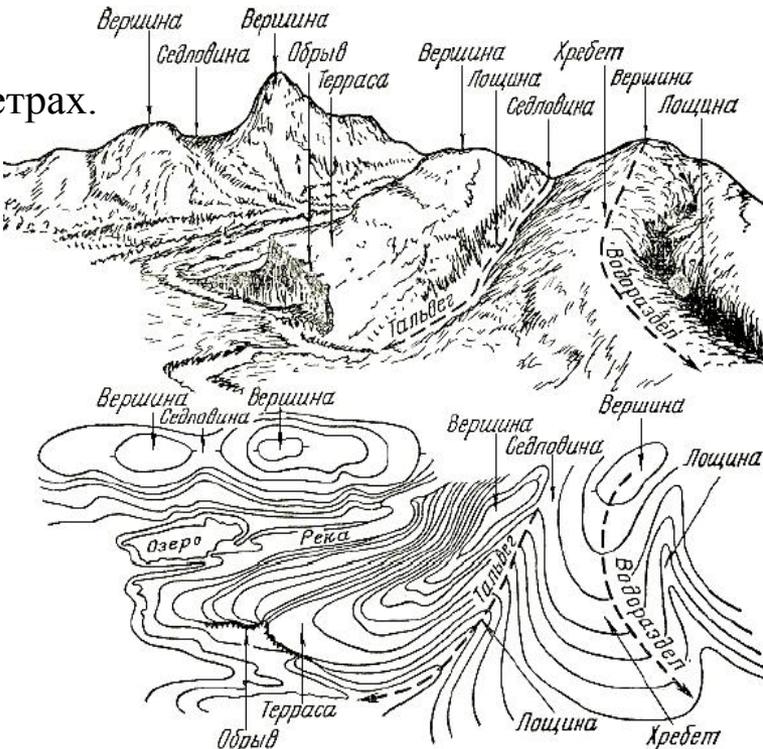
Другой характеристикой крутизны служит уклон i , которым называют отношение превышения к горизонтальному проложению. Если известны отметки точек :

$$i = \frac{H_2 - H_1}{d_{1-2}}$$

где H_2, H_1 – отметки точек, d – расстояние между точками в метрах.

Уклон безразмерная величина, его выражают десятичной дробью, в процентах (%) или тысячных долях – промиллях (‰). Например, уклон $i=0,015$ или 1,5‰, или 150/1000. Если угол наклона ската до 45° , то он изображается горизонталями, если его крутизна более 45° , то рельеф обозначают специальными знаками.

Отметка любой точки на топографической карте определяется по отметкам ближайших горизонталей. Если точка находится на самой горизонтали, то ее отметка равна отметке горизонтали. Если точка находится между горизонталями, то необходимо выполнить интерполирование.

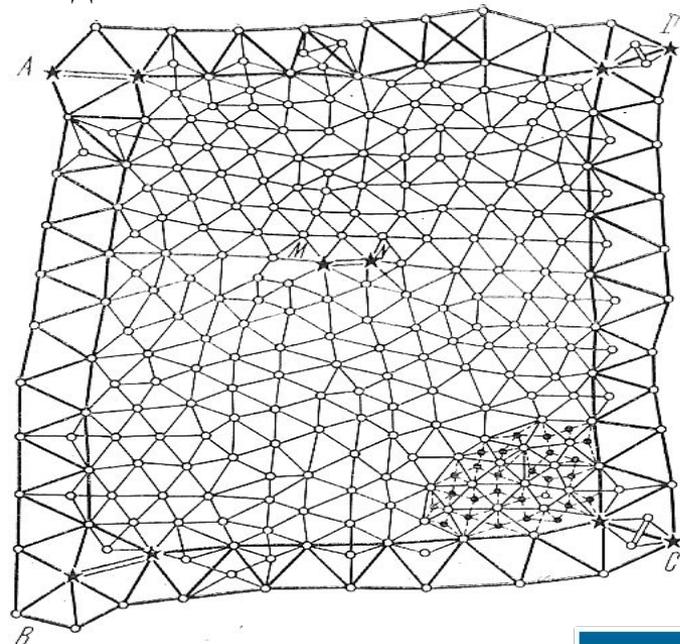


Основы геодезии

Геодезические сети

Для осуществления инженерно-строительного производства требуется наличие на местности исходных точек, у которых определены координаты и высоты с соответствующей точностью.

Точка, закреплённая на местности, с определёнными координатами и высотами называется геодезическим пунктом (пример пункта плановой сети: а) пирамида; б) сигнал). Совокупность геодезических пунктов, положение которых определено в общей для них системе координат, называют геодезической сетью.



Общим принципом построения геодезических сетей был и остаётся принцип «от общего к частному». Сначала на всей территории страны создаётся редкая сеть пунктов высшего класса; их координаты и отметки получают с максимальной возможной точностью при использовании всех достижений науки и техники, затем сеть сгущают пунктами меньшей точности, используя пункты высшего класса как исходные. Процесс сгущения геодезических сетей продолжается до тех пор, пока на данном участке будет создана сеть с нужной плотностью пунктов.

Геодезические сети

Плановые

Высотные

Плановые геодезические сети

Плановые сети

ГГС

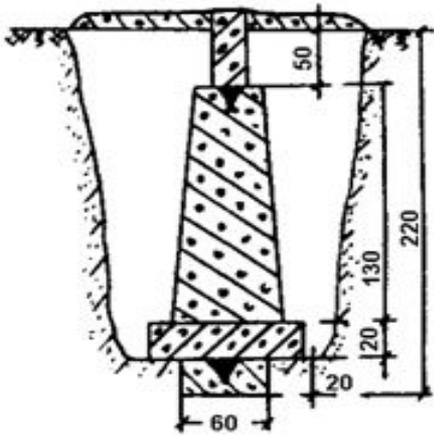
ГСС

СГС

Спец. ГС

По назначению и точности построения плановые геосети (ГС) подразделяются на следующие виды:

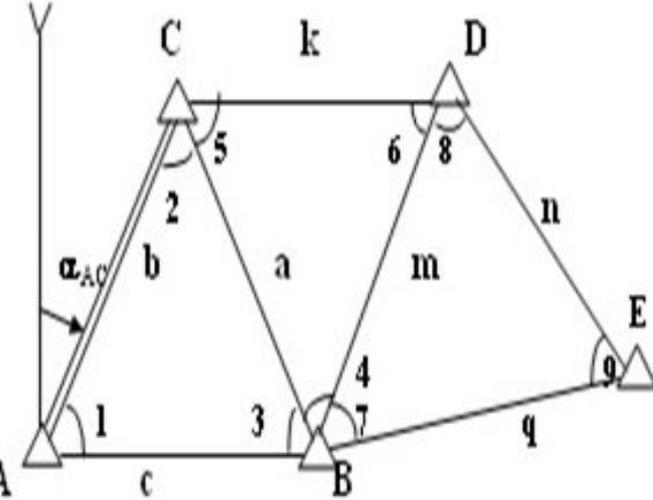
- государственную геодезическую сеть (ГГС), являющуюся главной геодезической основой всех топографо-геодезических работ, подразделяется по точности на четыре класса (1, 2, 3 и 4 классов);
- геодезические сети сгущения (сети местного значения) служат для дальнейшего сгущения ГГС и являются геообоснованием для топосъёмок в масштабах 1:5000 – 1:500 и инженерно-геодезических работ;
- съёмочные геодезические сети (плановое съёмочное обоснование) представляет собой сеть пунктов, опирающихся на пункты старших классов с которых непосредственно выполняется съёмка местности;
- специальные геодезические сети, развиваемые при строительстве сооружений.



За основу для определения координат любого пункта на территории РФ берется ГГС, которая закрепляет систему координат на всей территории государства и представляет собой совокупность геопунктов, расположенных равномерно по территории и закрепленных (как и пункты ГСС) на местности специальными подземными центрами (см. рис. слева), обеспечивающими их сохранность и устойчивость в плане и по высоте в течение длительного времени. *Закрепление пунктов съёмочных сетей* осуществляют в основном временными знаками – деревянными кольями, обрезками металлической арматуры, трубами и т.п.

Плановые геодезические сети: методы построения

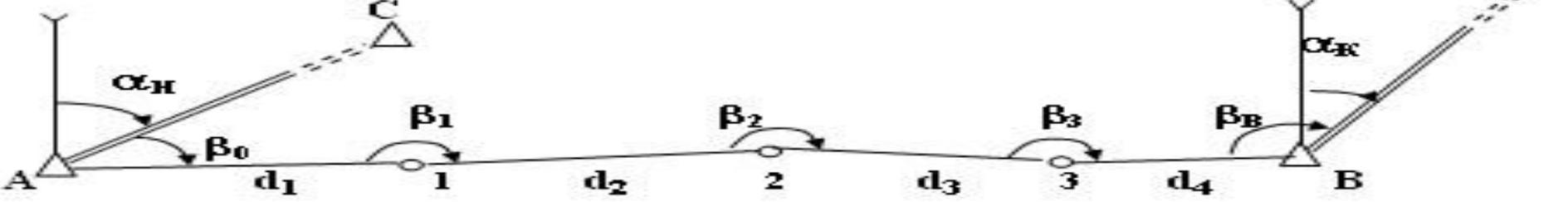
Плановые геодезические сети строятся методами триангуляции, полигонометрии, трилатерации и их сочетаниями, а также прямой, обратной, комбинированной засечками и другими методами.



Триангуляция - метод построения плановой геосети в виде примыкающих друг к другу треугольников, в которых измеряют все горизонтальные углы и длину хотя бы одной стороны, например, b , называемой базисом, вершины треугольников называются пунктами триангуляции;

Трилатерация – метод построения плановой геосети в виде треугольников, в которых измеряют длины всех сторон. Из решения их определяют горизонтальные углы в треугольниках. Вершины треугольников называются пунктами трилатерации

Полигонометрия – метод построения геодезич. сети в виде системы замкнутых или разомкнутых ломаных линий, в которых непосредственно измеряют углы поворота β_i и длины сторон d_i .

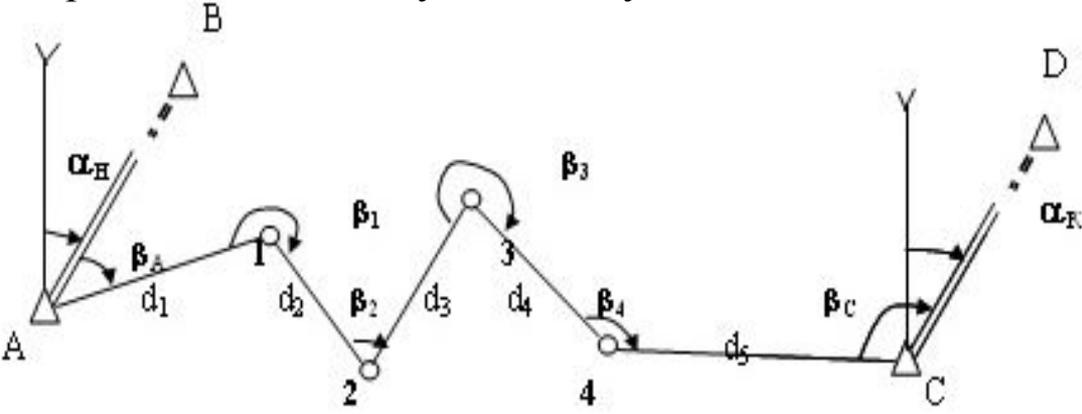


Ломаную линию называют ходом, отрезки ломаной линии – сторонами хода, горизонтальные углы между отрезками – углами поворота; вершины полигонометрических ходов называются пунктами полигонометрии.

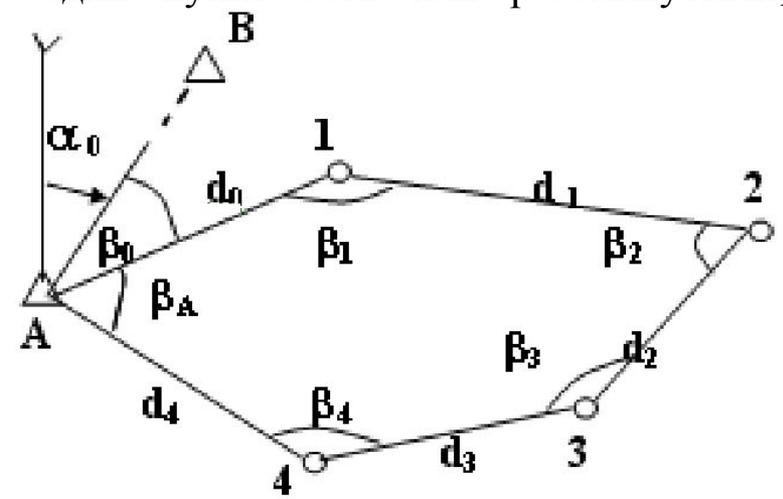
Ходы съёмочного обоснования, развиваемые методом полигонометрии, называют теодолитными ходами.

Плановые геодезические сети: методы построения

Теодолитные ходы опираются на пункты ГГС или пункты сетей сгущения (местного значения) и по своей форме бывают замкнутыми, опирающимися на один пункт сети или разомкнутыми, опирающимися минимум на два пункта сети.



Разомкнутый теодолитный ход



Замкнутый теодолитный ход

Особый вид работ, позволяющий получить в процессе измерений направление (дирекционный угол), расстояние или координаты определяемой точки по отношению к пунктам государственной геодезической сети – называется **привязкой**.

Привязку к пунктам геодезической сети можно произвести различными способами в зависимости от расположения этих пунктов по отношению к определяемым точкам.

Наиболее простая привязка - это непосредственное примыкание хода к пунктам ГГС более высокого класса, с возможностью измерения примычных углов т.е. исходных дирекционных направлений между пунктами ГГС и сторонами хода (азимутальная привязка).

Если непосредственная привязка к пункту ГГС невозможна, то в этом случае используют особые способы измерений - засечки.

Плановые геосети: определение координат с помощью ГНСС

С 2001 года основным методом создания ГГС установился спутниковый метод, при котором координаты пунктов определяются с помощью глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС). Сегодня в мире существуют две такие системы: американская - GPS и отечественная - ГЛОНАСС. *‘Свои системы в настоящее время реализуют Европа (Galileo) и Китай (Beidou/Compass).*

Глобальные навигационные спутниковые системы

GPS

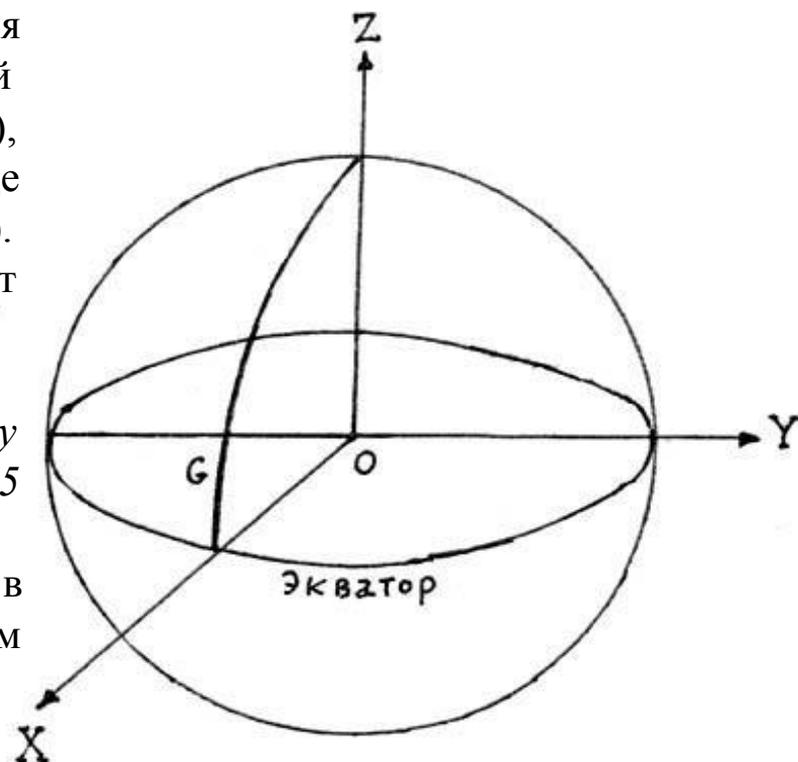
ГЛОНАСС

GALILEO

COMPASS

Положение точки фиксируется в системах тремя прямоугольными координатами X , Y , Z в геоцентрической системе координат (т.е. с началом в центре масс Земли), переводимыми в геодезические координаты на эллипсоиде (широту, долготу, высоту над поверхностью эллипсоида). Геоцентрическая прямоугольная система координат определяется следующим образом:

- начало координат O расположено в центре масс Земли;
- ось Z направлена вдоль оси вращения Земли *в точку среднего положения Северного полюса на эпоху 1900 -1905 гг. (Международное условное начало)*;
- ось X лежит в плоскости земного экватора и направлена в точку пересечения этой плоскости с Гринвичским меридианом G ;
- ось Y дополняет систему до правой.



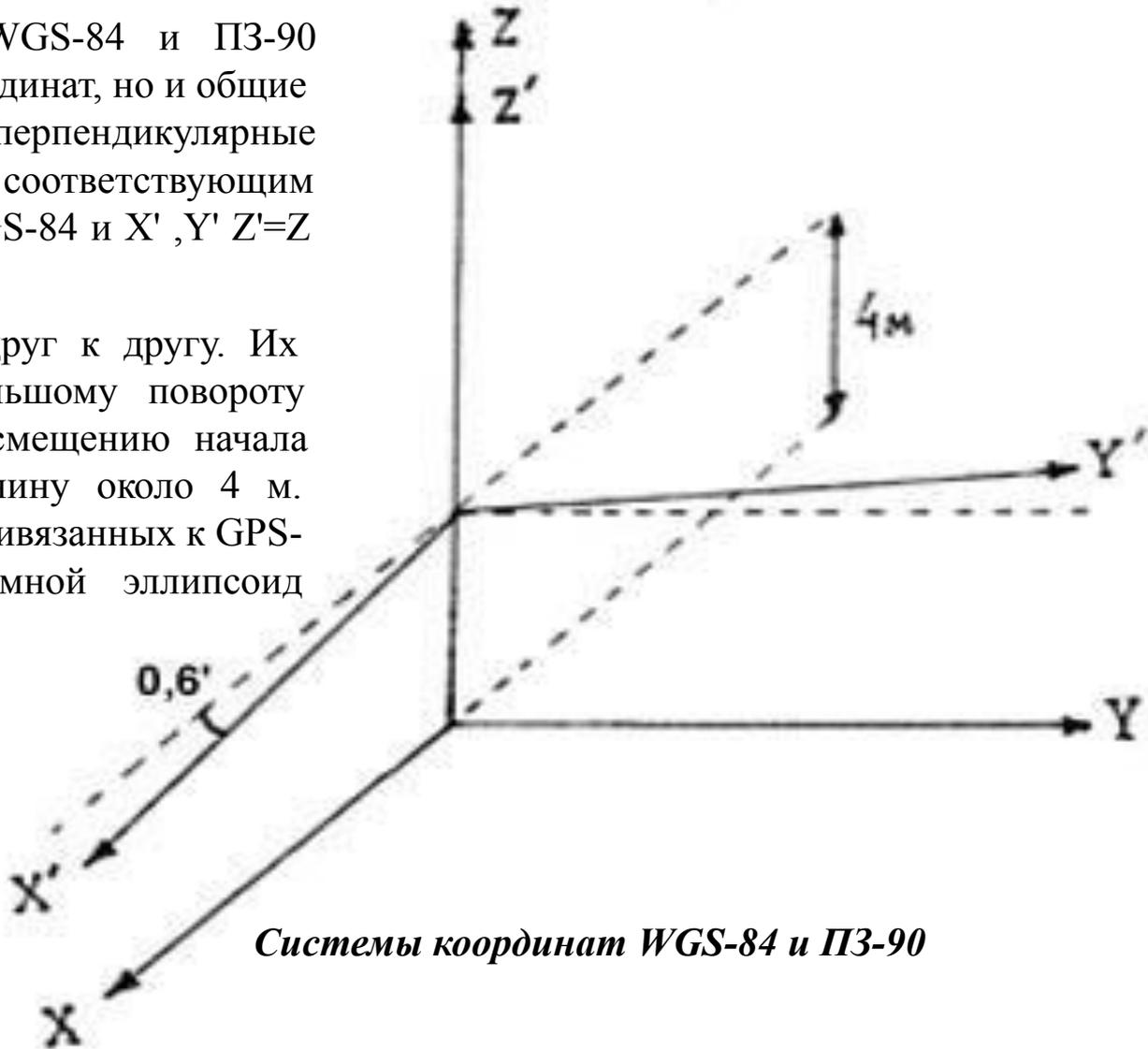
Плановые геодезические сети: методы построения

Глобальная навигационная система GPS действует в геоцентрической системе координат, называемой WGS-84 (World Geodetic System, 1984 г.), а ГЛОНАСС - в ПЗ-90 (Параметры Земли, 1990 г.).

Отметим, что аббревиатурами WGS-84 и ПЗ-90 обозначают не только системы координат, но и общие земные эллипсоиды, три взаимно-перпендикулярные оси которых направлены по соответствующим координатным осям (X,Y,Z для WGS-84 и X',Y',Z' для ПЗ-90).

Эти системы координат близки друг к другу. Их различие можно свести к небольшому повороту системы относительно оси Z и смещению начала координат по этой оси на величину около 4 м. Большинство современных карт, привязанных к GPS-координатам, использует общеземной эллипсоид WGS84.

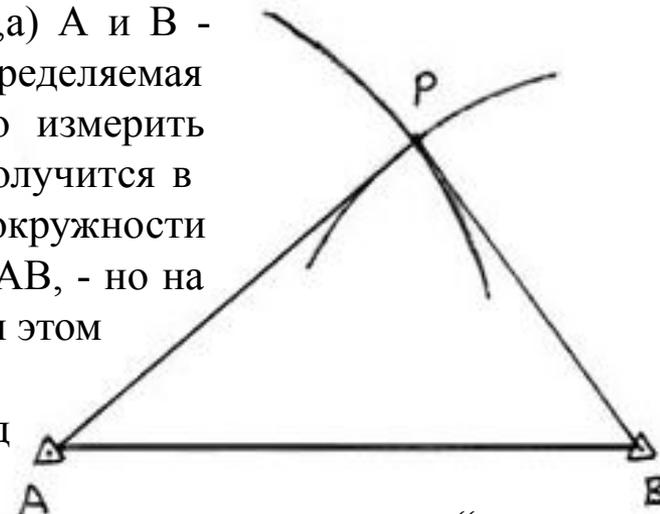
Благодаря широчайшему использованию GPS, модель WGS84 уже фактически стала международным стандартом, в частности ее рекомендует использовать Международная организация гражданской авиации (ICAO).



Системы координат WGS-84 и ПЗ-90

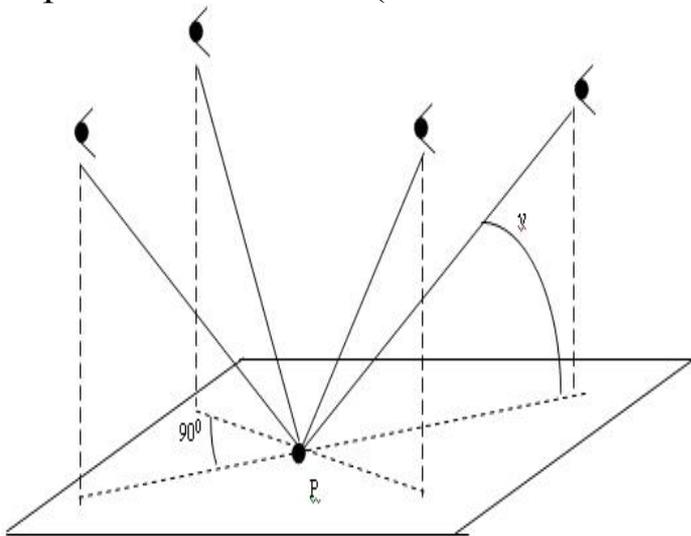
Дальномерный метод определения координат

Рассмотрим для простоты ситуацию на плоскости. Пусть (рис.1,а) А и В - точки с известными координатами (т.н. “твердые” пункты), Р - определяемая точка. Для нахождения ее местоположения на плоскости надо измерить расстояния от нее до точек А и В, т.е. АР и ВР. Тогда точка Р получится в пересечении двух окружностей с радиусами АР и ВР. (Эти окружности пересекаются в двух точках - вторая точка лежит снизу от линии АВ, - но на практике мы всегда можем правильно выбрать нужную точку). При этом точность засечки тем выше, чем ближе к 90° угол засечки. Поскольку измеряются расстояния (дальности), такой метод определения местоположения называется дальномерным.



Особенностью спутникового позиционирования кроме всего прочего является то, что “твердыми пунктами” - точками с известными координатами - являются **движущиеся спутники** (Конкретная точка, к которой относятся координаты - это фазовый центр передающей антенны на спутнике), а определяемая точка (неподвижная или движущаяся) находится на Земле (спутниковый приемник).

Для однозначного определения координат требуется наблюдать минимум 4 спутника. Однако далеко не безразлично, какова будет их конфигурация во время наблюдений. На точность определения местоположения кроме количества видимых спутников также влияет т.н. геометрический фактор, когда от геометрии расположения спутников зависит точность линейной засечки. Для определения положения (координат) этой точки выполняется одновременное измерение дальностей (расстояний) до спутников, а положение точки геометрически получается в пересечении сфер, т.е. также используется дальномерный метод.



Определение координат с помощью СНС

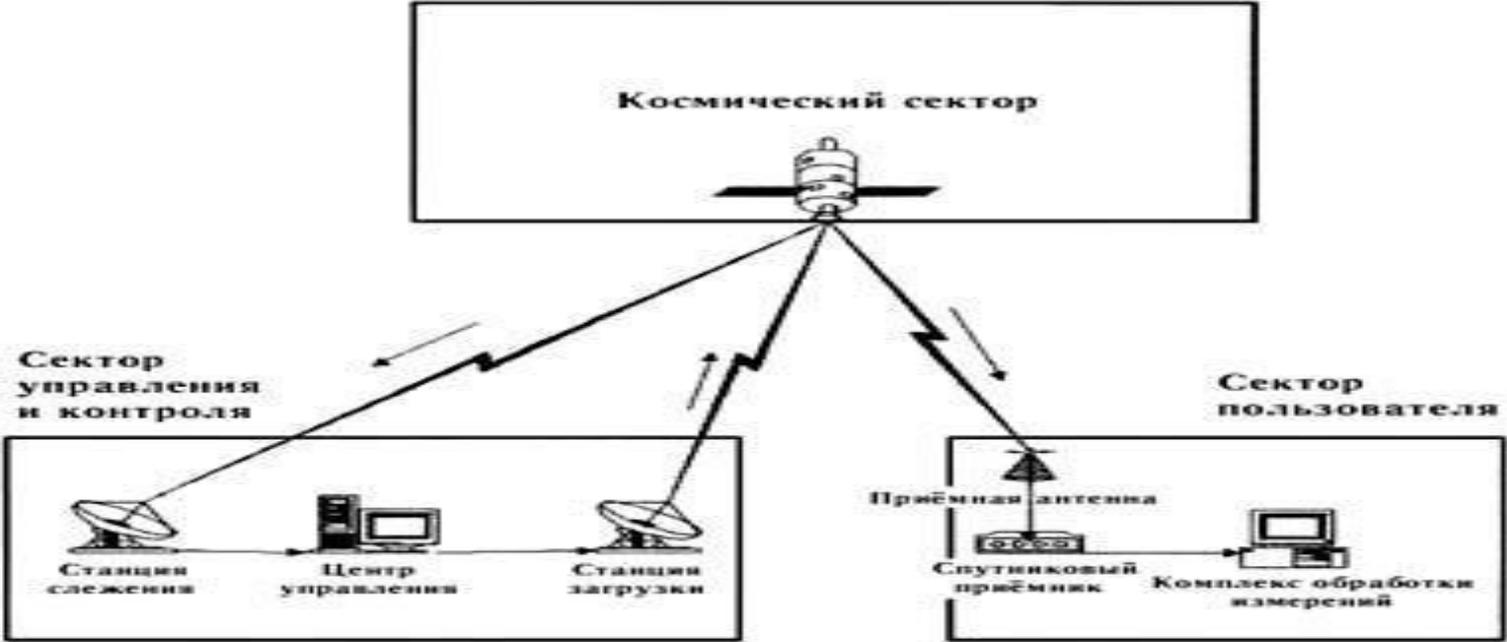
Системы GPS и ГЛОНАСС состоят из трех секторов (сегментов или подсистем)

ГНСС

космический сектор
(совокупность входящих в систему спутников, часто называемая "созвездием" или "орбитальной группировкой")

наземный сектор управления и контроля

сектор пользователя
(спутниковые приемники, число которых не ограничено, а также камеральный комплекс обработки измерений)



Определение координат с помощью СНС

Способы определения координат с помощью СНС

Абсолютный

(навигационный режим измерений)

получают координаты пункта (абсолютные величины) установки антенны в принятой системе координат

Относительный

(геодезический режим измерений)

определяют приращения координат между пунктами, на которых установлены приемники (минимум 2)

Для пары приемников их взаимное положение может определяться с поразительной точностью, поэтому относительные методы являются наиболее точными..

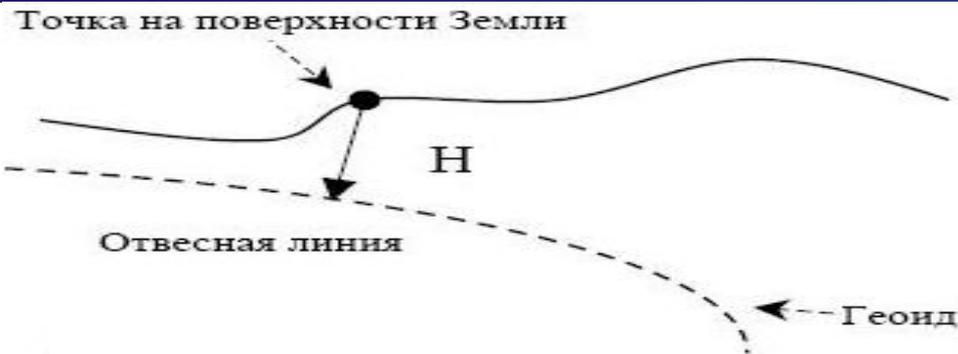
Режимы наблюдений

Статические

Кинематические

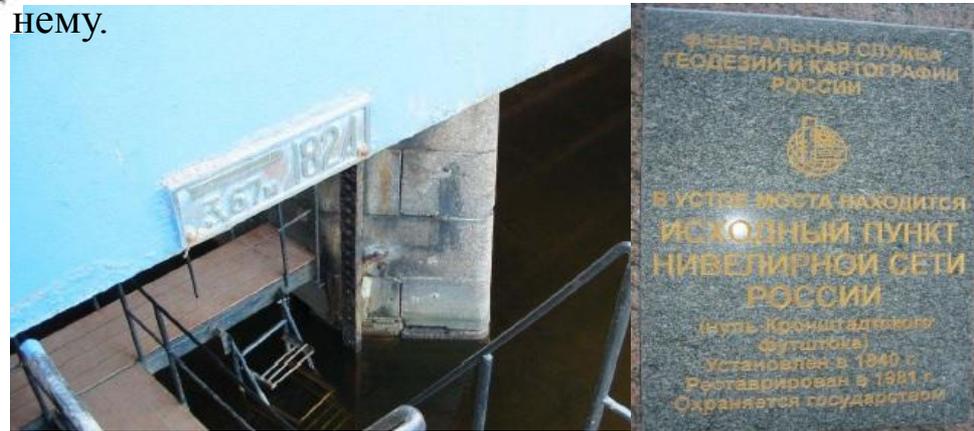
Как в статических, так и в кинематических режимах (режимы - **статика**, **быстрая статик**, **кинематика**, **кинематика “в полете”** и пр.) один из приемников находится на твердом пункте, а другой - на определяемом, но в статике оба приемника неподвижны, а в кинематике “определяющийся” приемник перемещается (непрерывно или с остановками). Существенным достижением в развитии кинематических режимов явилась разработка метода **кинематики в реальном времени**, позволившего осуществлять измерения и их обработку в реальном времени, т.е. производить обработку одновременно с выполнением измерений.

Высотные геодезические сети



Высота точек земной поверхности – это одна из координат, определяющих фигуру Земли относительно исходной отсчётной поверхности (поверхности референц-эллипсоида или общего земного эллипсоида); высота точки определяет расстояние точки от эллипсоида по нормали к нему.

За начало отсчета абсолютных высот (*высоты точек относительно начала отсчета - Н*) точек земной поверхности (исходный уровень) в России принят средний уровень Балтийского моря по данным многолетних наблюдений (нуль Кронштадтского футштока (медная доска с гориз. чертой, замурованная в гранитный устой моста Обводного канала)).



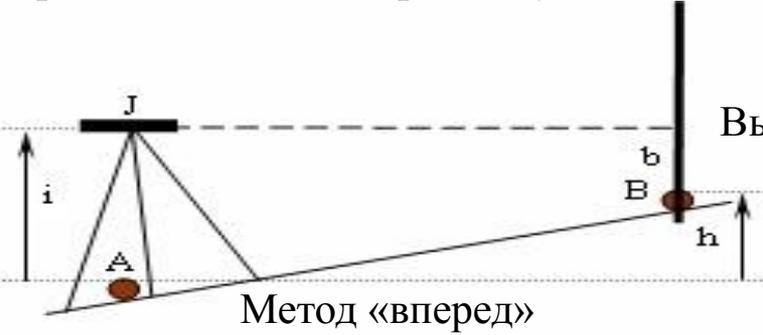
Высотные работы в геодезии называются **нивелированием**.

Общегосударственная высотная сеть, являющаяся исходной высотной основой необходимой для производства геодезических работ и топографических съемок всех масштабов, создается построением отдельных ходов и систем ходов геометрического нивелирования (см. след. слайд).

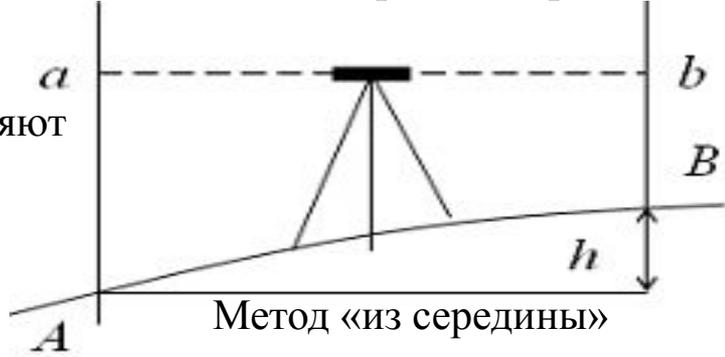
***Интересно:** Нивелирная сеть нашей страны — грандиозное по своим масштабам высокоточное геодезическое построение. Она постоянно совершенствуется, используя все лучшее, что создано наукой и практикой. По протяженности нивелирные ходы, проложенные в нашей стране, могут опоясать земной шар по экватору 75 раз.*

Высотные геодезические сети

Геометрическое нивелирование – метод определения превышений между точками с помощью горизонтального визирного луча и нивелирных реек. Существует два метода геометр. нивелирования:



Высоту точки В вычисляют по формуле $H_B = H_A + h$



Пункты высотных геодезических сетей закрепляют на местности нивелирными знаками - реперами и марками, которые могут быть *постоянными* и *временными*.

К постоянным знакам относятся фундаментные реперы и обычные знаки - грунтовые реперы, а также марки, закладываемые в бетонных монолитах, и стенные реперы.

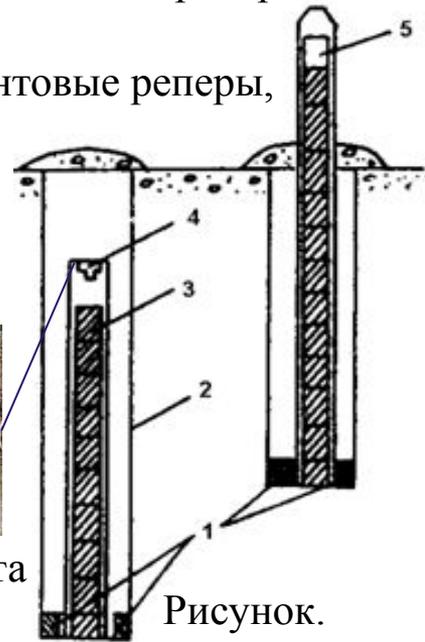
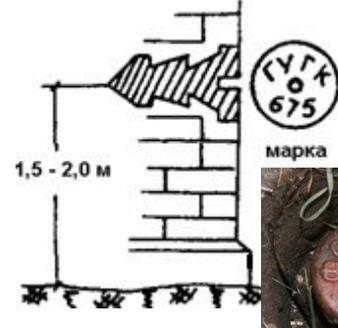
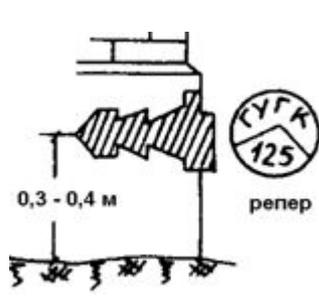


Рисунок. Стенные репер и марка

1-железные скобы; 2-труба; 3-железобетонный столб; 4-марка; 5-охранная плита

Рисунок.

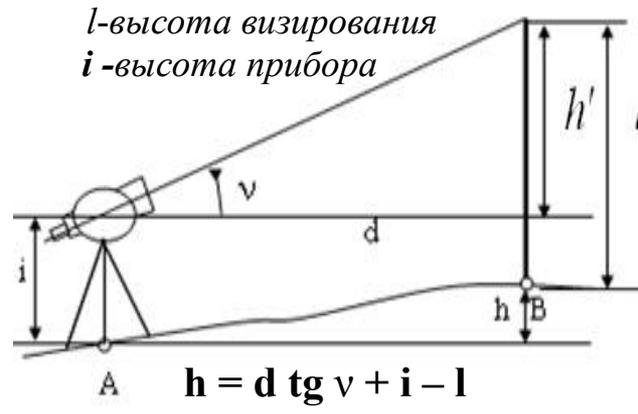
В качестве **временных реперов** используют дюбели-гвозди из твёрдых сплавов, забиваемых в конструкцию, а также деревянные столбы, трубы и т.п.

Опознав. знак и грунтовый репер

Высотные работы - нивелирование

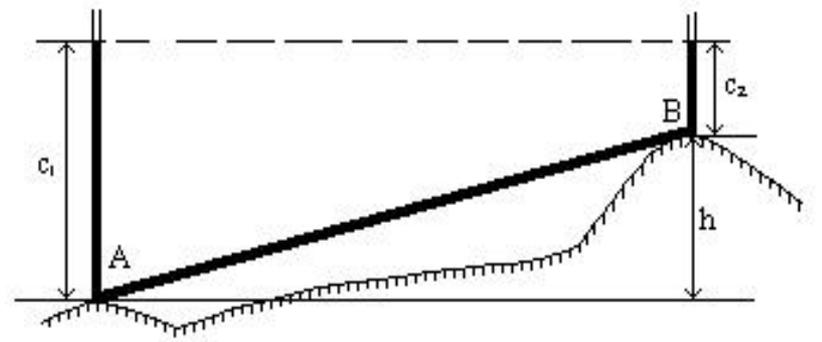
Кроме геометрического различают следующие виды нивелирования:

○ Тригонометрическое нивелирование (его также называют геодезическим или нивелированием наклонным лучом), сущность которого заключается в измерении превышения между двумя точками А и В путём измерения теодолитом, вертикального угла v между линией горизонта и соответствующей точкой рейки, установленной отвесно над точкой В, и горизонтального расстояния d между точками А и В.



Существуют также **физические методы нивелирования**, основанные на использовании различных физических явлений. К ним относятся:

○ метод **гидростатического нивелирования**, основанный на принципе сообщающихся сосудов, заполненных одной жидкостью (жидкость устанавливается в обоих сосудах на одном уровне). Пусть высота столба жидкости в первом сосуде будет c_1 , а во втором c_2 , тогда превышение: $h = c_1 - c_2$



○ метод **барометрического нивелирования**, основывающийся на определении превышений по разностям атмосферного давления в наблюдаемых точках (Известно, что с увеличением высоты на 10 м давление падает примерно на 1 мм ртутного столба);

○ метод **радиолокационного нивелирования**, основывающийся на отражении электромагнитных волн от земли и определения времени их прохождения. Применяют его при аэрофотосъёмке.

○ **автоматическое нивелирование** осуществляется с помощью специальных приборов, устанавливаемых на автомобилях, железнодорожных вагонах и т.д. При этом нивелировании на специальной ленте вычерчивается профиль местности.

Топографические съемки

Полевая работа, производимая в целях получения карт, планов и профилей, называется **съемкой**. Снять некоторые точки местности – это значит определить их положение на плане или карте.

Топографическая съемка – комплекс полевых и камеральных работ, имеющих целью изображение условными знаками в заданном масштабе местных предметов и рельефа участка земной поверхности. При **теодолитной съемке** (вид съёмки, по результатам которой на плане (карте) получают изображение только местных предметов) сначала создается съемочная геодезическая сеть, а затем производится съемка подробностей (ситуации). Съемочной геодезической сетью при теодолитной съемке является теодолитный ход, т.е. построенный на местности разомкнутый или сомкнутый многоугольник.

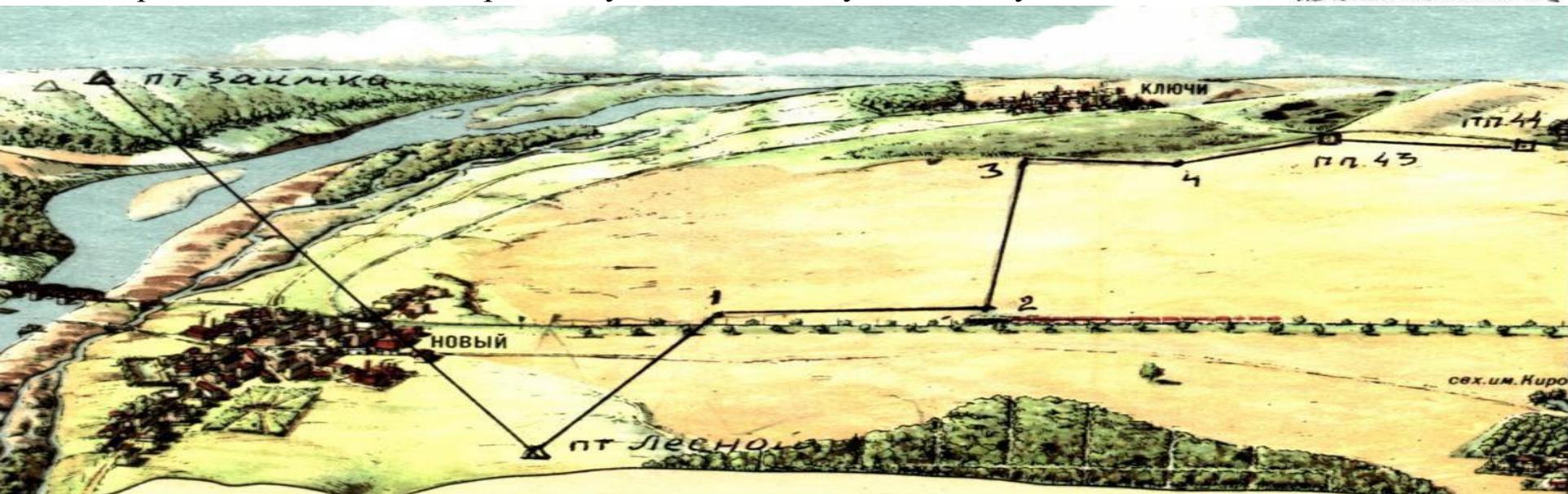
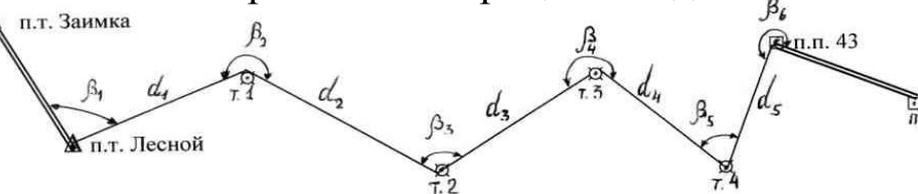


Рисунок. Теодолитный ход (система ломаных линий, для которых измерены расстояния между точками и горизонтальные углы между сторонами).

Топографические съемки: съемка ситуации

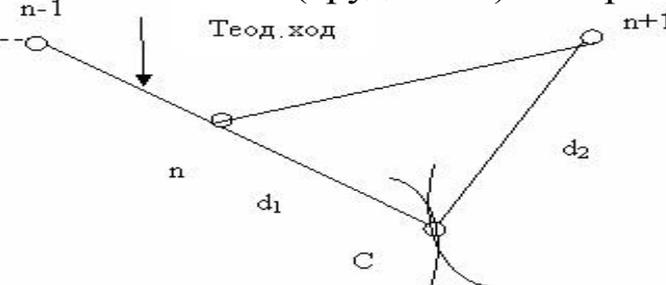
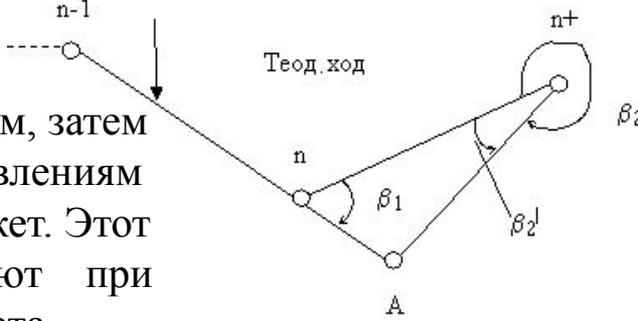
Обязательным условием при проложении теодолитных ходов является их привязка к пунктам плановой опорной сети. Процесс теодолитной съемки складывается из:



- обозначения и закрепления точек на местности;
- подготовки линий к измерению;
- измерения линий и углов между ними;
- съемки ситуации (совокупность точек).

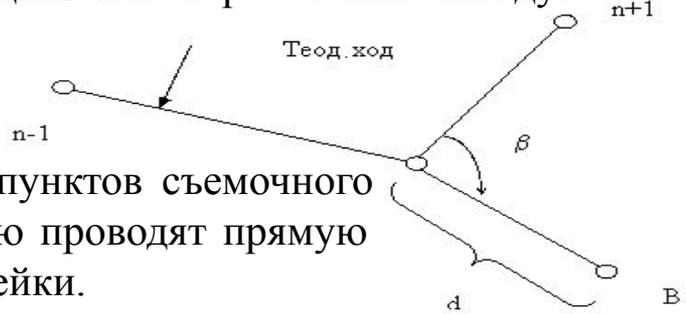
Методы съемки ситуации

В способе **угловой засечки** с точек съемочного обоснования на измеряемый пикет измеряют два горизонтальных угла. При построении плана точки теодолитного хода наносятся по координатам, затем транспортиром откладывают углы β_1 β_2 . По полученным направлениям проводят прямые, на пересечении которых получится съемочный пикет. Этот способ является самым трудоемким, поэтому его применяют при невозможности (трудности) измерить расстояние до съемочного пикета.



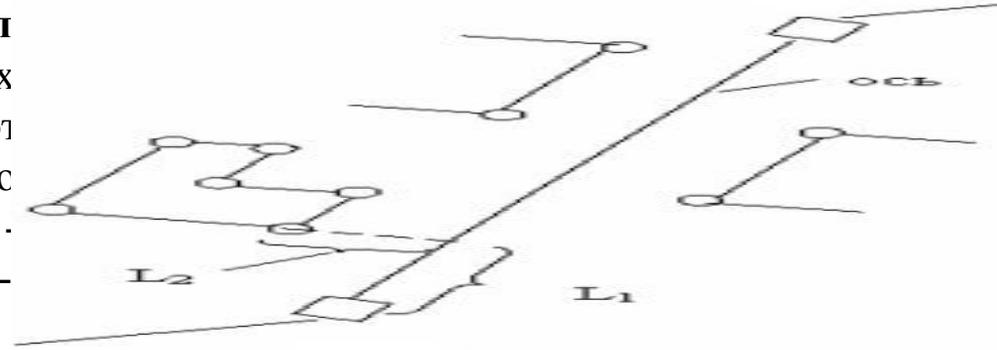
В способе **линейной засечки** с пунктов съемочного обоснования до съемочного пикета измеряют два расстояния. При построении точки на плане циркулем проводят две дуги, радиусом d_1 и d_2 . Съемочный пикет будет находиться на пересечении этих дуг.

В **полярном способе** на съемочный пикет с точки съемочного обоснования измеряют горизонтальный угол β и расстояние d . Этот способ является основным. При построении на плане от пунктов съемочного обоснования откладывают угол β и по полученному направлению проводят прямую линию, откладывая расстояние d при помощи транспортира и линейки.



Топографические съемки

Способ прямоугольных координат (перпендикуляров) применяют на строительных площадках. За опорную линию принимают главную ось сооружения, или какую-либо другую ось. Для каждой точки измеряют две длины: - первую – измеряют по оси сооружения (L_1); - вторую – по перпендикуляру к этой оси (L_2).



Камеральные работы при теодолитной съёмке включают в себя определение прямоугольных координат пунктов съёмочной сети и составление плана участка местности в заданном масштабе.

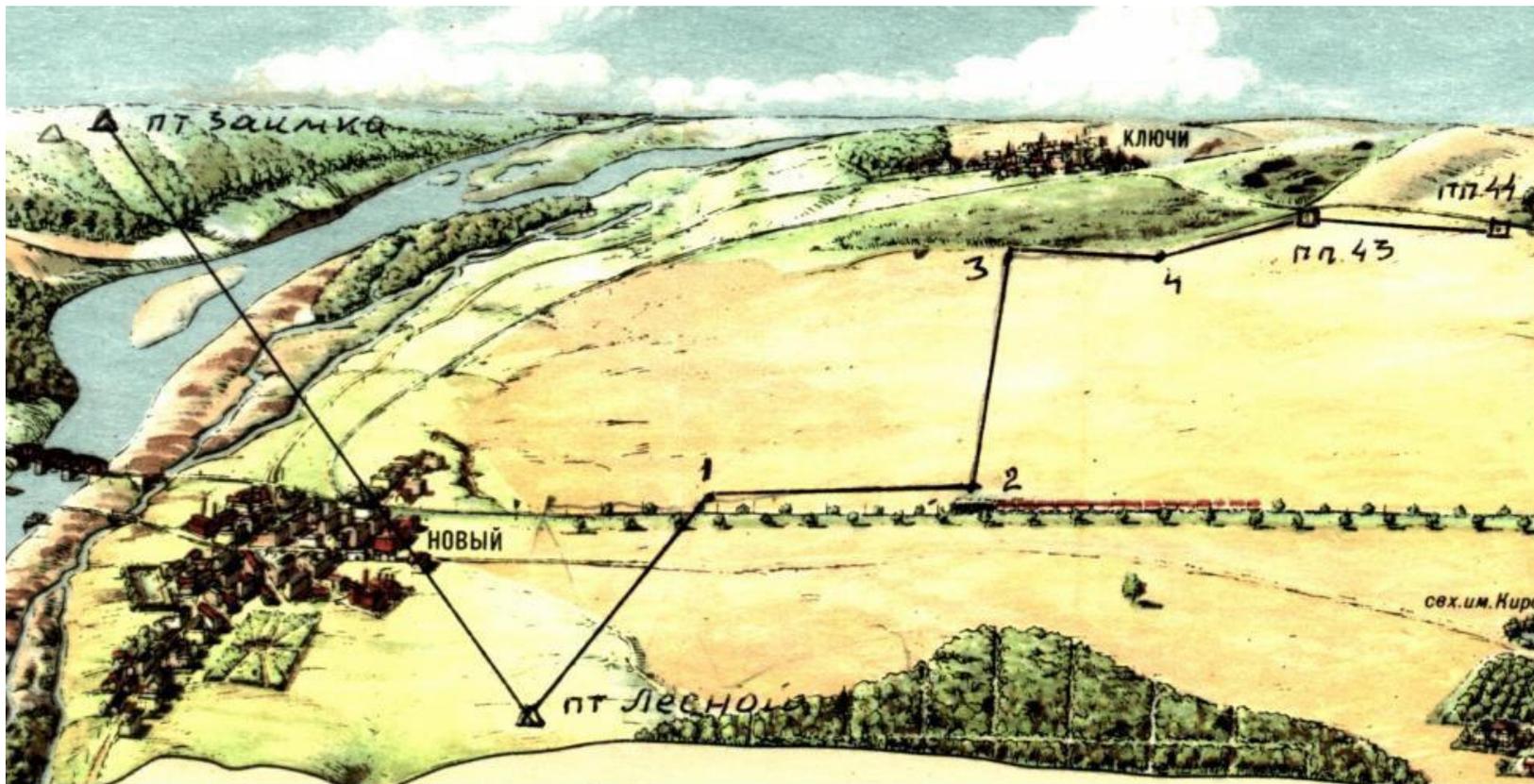
При необходимости изобразить на плане небольших участков рельеф местности применяют **тахеометрическую съёмку** (тахео-быстро), сущность которой состоит в определении пространственного положения точки местности одним наведением зрительной трубы теодолита на рейку, установленную в этой точке.

Для съёмки значительных территорий применяются **дистанционные методы изучения земной поверхности** (ДМИЗП).



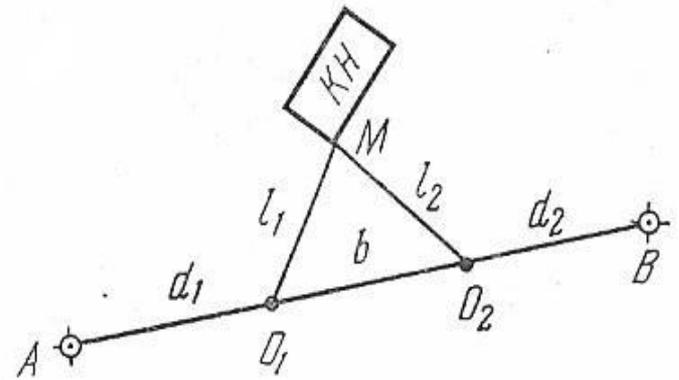
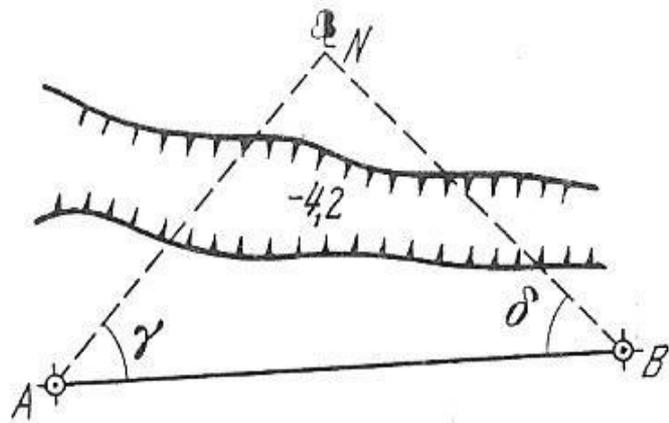
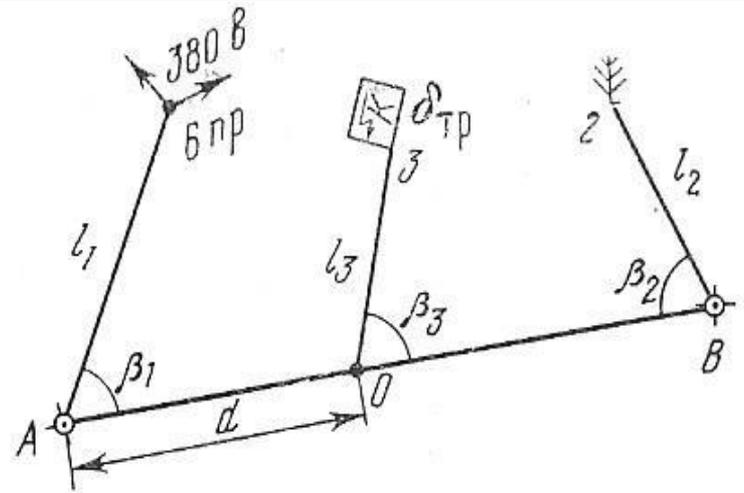
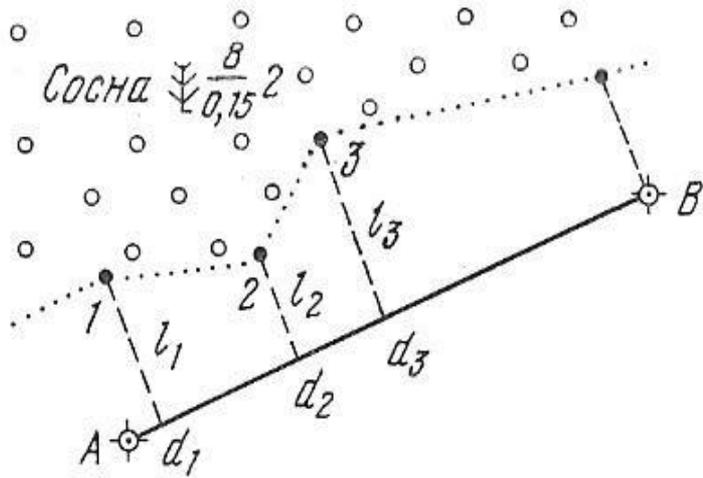
ТЕОДОЛИТНЫЙ ХОД

Теодолитный ход – это система ломаных линий, для которых измерены расстояния между точками и горизонтальные углы между сторонами.

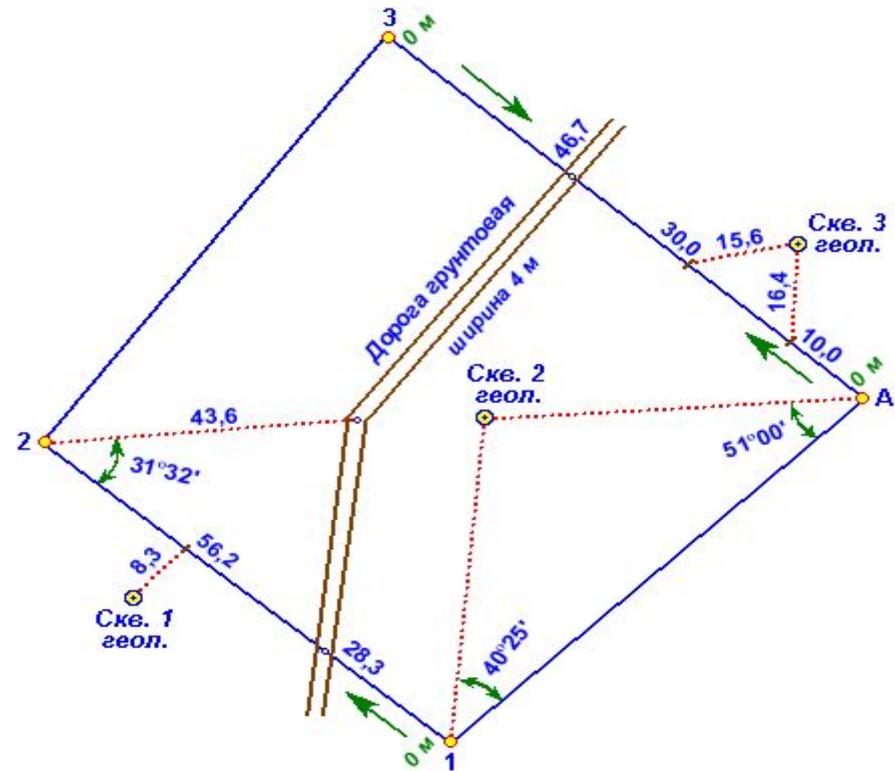


- ❖ **Рекогносцировка – осмотр местности с выбором и закреплением будущих точек съемочного обоснования.**
- ❖ **Привязка пунктов съемочного обоснования к пунктам ГГС. Для этого на местности выполняют измерения примычных углов и расстояний.**
- ❖ **Измерение горизонтальных углов и длин сторон теодолитного хода. Горизонтальные углы измеряются способом приемов, расстояние при помощи стальной мерной ленты или рулетки в прямом и обратном направлениях, с относительной погрешностью не более 1:2000. Для определения горизонтального проложения также измеряют углы наклона местности теодолитом.**
- ❖ **Съемка контуров местности (ситуации). Заключается в привязке этих контуров к пунктам съемочного обоснования.**

- ◆ **Способ перпендикуляров (способ прямоугольных координат)**
- ◆ **Способ полярных координат**
- ◆ **Способ угловых засечек**
- ◆ **Способ линейных засечек**



Абрис – это схематичный чертеж на котором изображены стороны теодолитного хода, снимаемые контуры и результаты угловых и линейных промеров (β и l)



Определение расстояния между точками земной поверхности называется *линейными измерениями*.

Линейные измерения делятся на непосредственные и косвенные.

- ❖ **К непосредственным измерениям относят такие измерения, при которых мерный прибор укладывают непосредственно в створ измеряемой линии.**

***Створ* – вертикальная плоскость, соединяющая начало и конец измеряемой линии.**

Если невозможно измерить длину линии непосредственно, прибегают к *косвенным измерениям*. В этом случае определяемую длину находят как функцию других измеряемых величин.

Для линейных измерений используют механические и физико–оптические мерные приборы.

Механические рулетки:

- ◆ – Стальные (25–100 м), эти рулетки имеющие метровые, дециметровые сантиметровые и миллиметровые деления;
- ◆ – Тесьмяные рулетки (10 м) – сантиметровые, дециметровые, миллиметровые. Используются для съема контура местности.
- ◆ – Стальные мерные ленты (20 м) имеющие метровые, полуметровые, дециметровые деления. В комплект входят шпильки, которые фиксируют концы ленты. Погрешность 1:2000.Используется для линейных измерений в съемках.

Достоинства: высокая точность измерений, простота устройства, не высокая стоимость, возможность откладывания проектных длин.

Недостаток: высокая трудоемкость измерений.

Физико–оптические мерные приборы – это различные лазерные, свето–, радио–, оптико–, дальномеры.

Измерения этими приборами основаны на косвенном способе.

Их *достоинствами* является точность и быстрота измерений, возможность измерения больших расстояний.

Недостатки: невозможность откладывать проектные расстояния, высокая цена, сложность устройства.

Для верного измерения горизонтального угла необходимо соблюдение следующих условий:

- ◆ - центр горизонтального круга (лимба) должен находиться на отвесной линии, проходящей через вершину угла;
- ◆ - плоскость лимба должна быть строго горизонтальной.

Установка прибора в рабочее положение

- ❖ При измерении углов **конечные точки сторон измеряемых углов закрепляют на местности специальными знаками. Непосредственное визирование на знаки бывает затруднено в силу условий местности. Поэтому эти знаки обозначают визирными целями - вехами, шпильками и др. При работе в помещении в качестве визирных целей используют заранее подвешенные на стены марки.**
- ❖ **Поверенный и юстированный теодолит устанавливают на штативе таким образом, чтобы острие отвеса находилось над колышком, а головка штатива занимала приблизительно горизонтальное положение на высоте груди наблюдателя. Ножки штатива при этом должны быть вдавлены в грунт настолько, чтобы обеспечивалось устойчивое положение прибора. При работе в помещении штатив устанавливают на полу в специальных деревянных подставках, ограничивающих расхождение ножек штатива (операция центрирования в этом случае не выполняется).**

Центрирование инструмента над вершиной измеряемого угла в зависимости от точности выполняемой работы может быть выполнено при помощи нитяного отвеса или оптического центрира.

Производят поверку цилиндрического уровня и сетки нитей

Установка трубы для наблюдений состоит из трех действий:

- ◆ а) установки трубы по глазу,
- ◆ б) установки трубы по предмету
- ◆ в) устранение параллакса сетки нитей.
- ◆ Чтобы установить трубу по глазу, надо навести ее на светлый фон и, вращая окулярную трубочку, добиться четкой видимости сетки нитей.

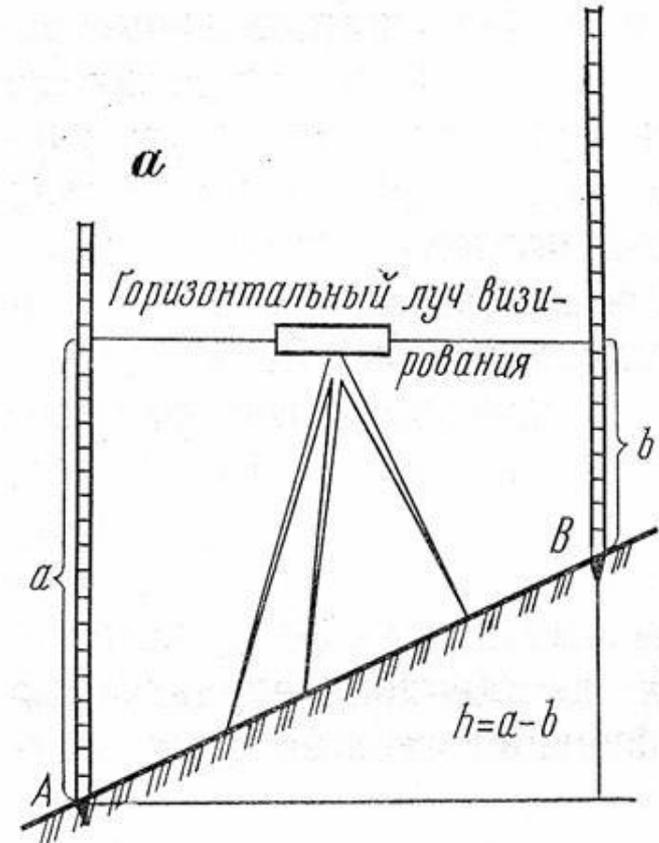
Для определения превышения h нивелир устанавливают на одинаковых расстояниях между точками А и В и приводят визирную ось инструмента в горизонтальное положение. В точках А и В устанавливают отвесно рейки, зрительную трубу нивелира наводят последовательно на них и снимают с реек отсчеты a и b .

Превышение h равно:

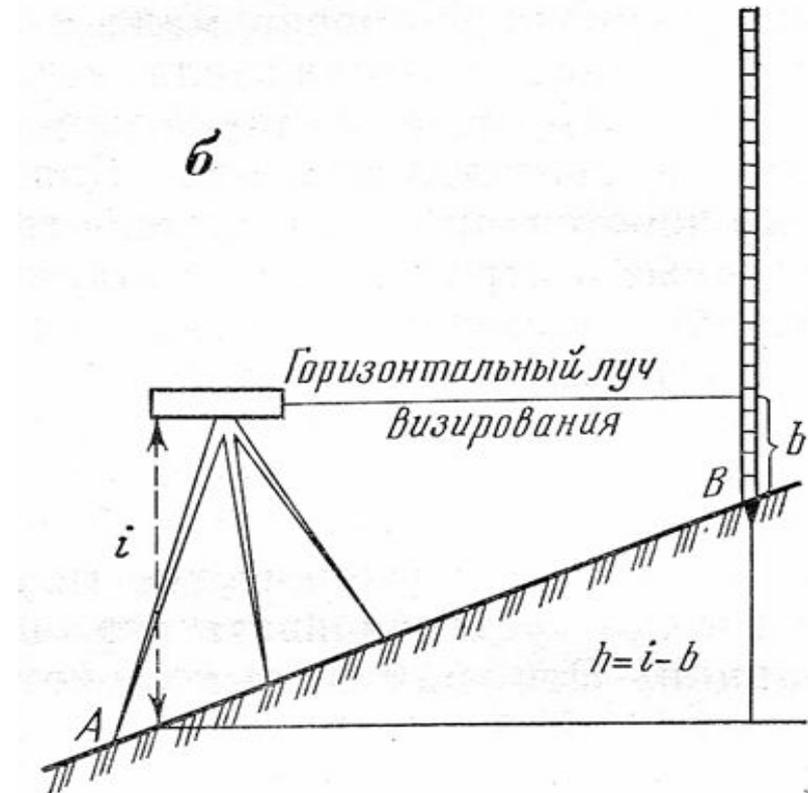
$$h = a - b$$

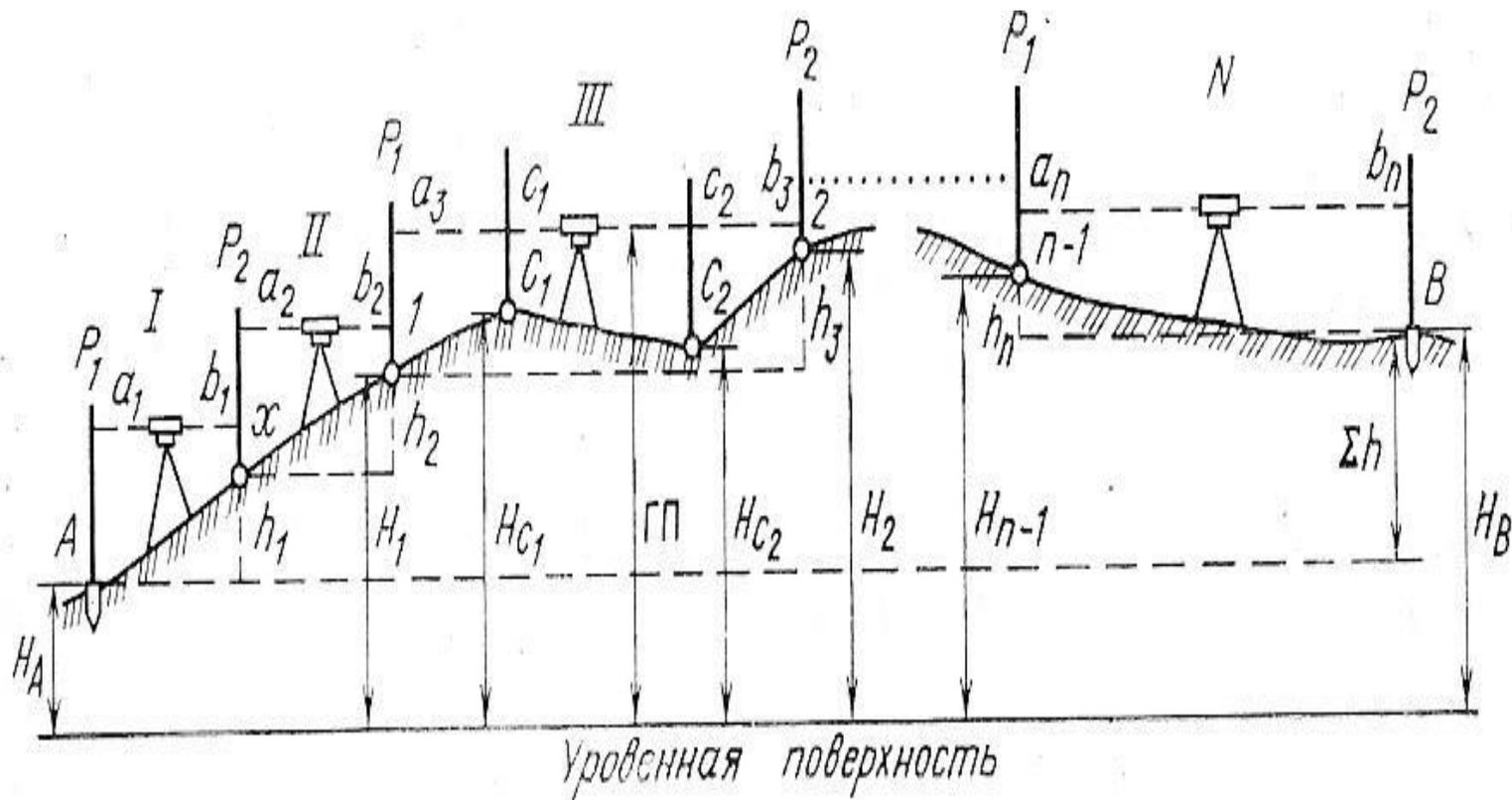
Превышение равно разности отсчетов по задней и передней рейкам.

При нивелировании в направлении от точки А к точке В, рейка в точке А будет задней, рейка в точке В – передней

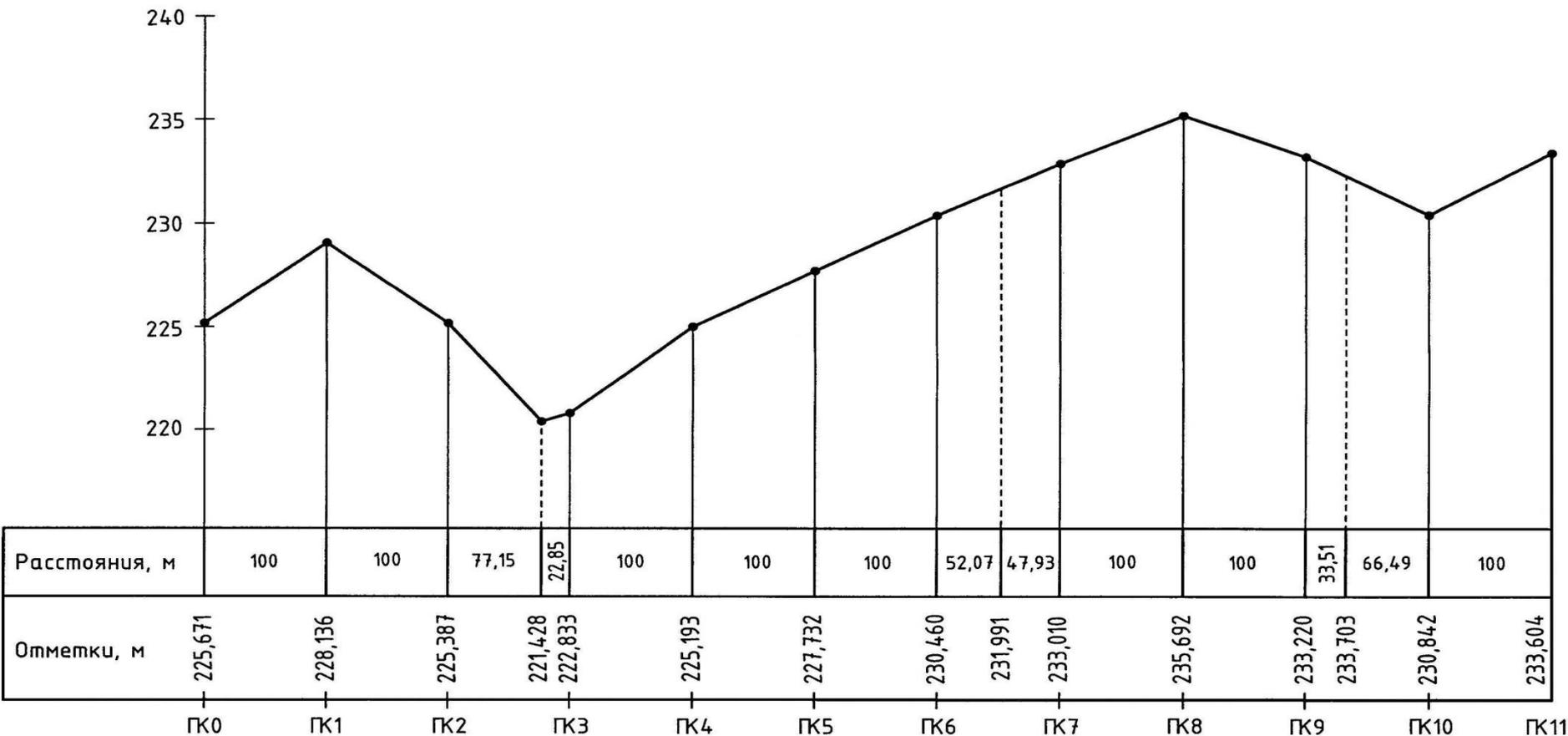


Для определения превышения h нивелир устанавливают так, чтобы окуляр зрительной трубы находился на одной отвесной линии с точкой A . Приводят визирную ось инструмента в горизонтальное положение, измеряют высоту инструмента i . Рейку устанавливают отвесно в точке B . Зрительную трубу нивелира наводят на переднюю рейку и снимают с отсчет b . Превышение h равно:
$$h = i - b$$





Продольный профиль по результатам нивелирования



Масштабы:
горизонт. 1:5000
вертикал. 1:500

