

ГЕОДЕЗИЯ



Геодезия – наука, изучающая фигуру и внешнее гравитационное поле Земли и разрабатывающая методы создания систем координат, определения положения точек на Земле и околоземном пространстве, изображения земной поверхности на картах.

Основные задачи инженерной геодезии:

топографо-
геодезические
изыскания

создание на объекте работ геодезической сети, топографическая съемка, геодезическая привязка точек геологической и геофизической разведки

инженерно-
геодезическое
проектирование

разработка генпланов сооружений; геоподготовка проекта для вынесения в натуру, горизонтальная и вертикальная планировка, определение площадей

*геодезические
разбивочные
работы*

создание геодезической разбивочной сети и
вынос в натуру главных осей сооружения,
его детальную разбивку

*геодезическая выверка
конструкций и
техоборудования*

при установке их в проектное
положение

*наблюдения за
деформациями
сооружений*

определение осадки оснований и
фундаментов, плановых смещений и кренов
сооружений

Форма и размеры Земли

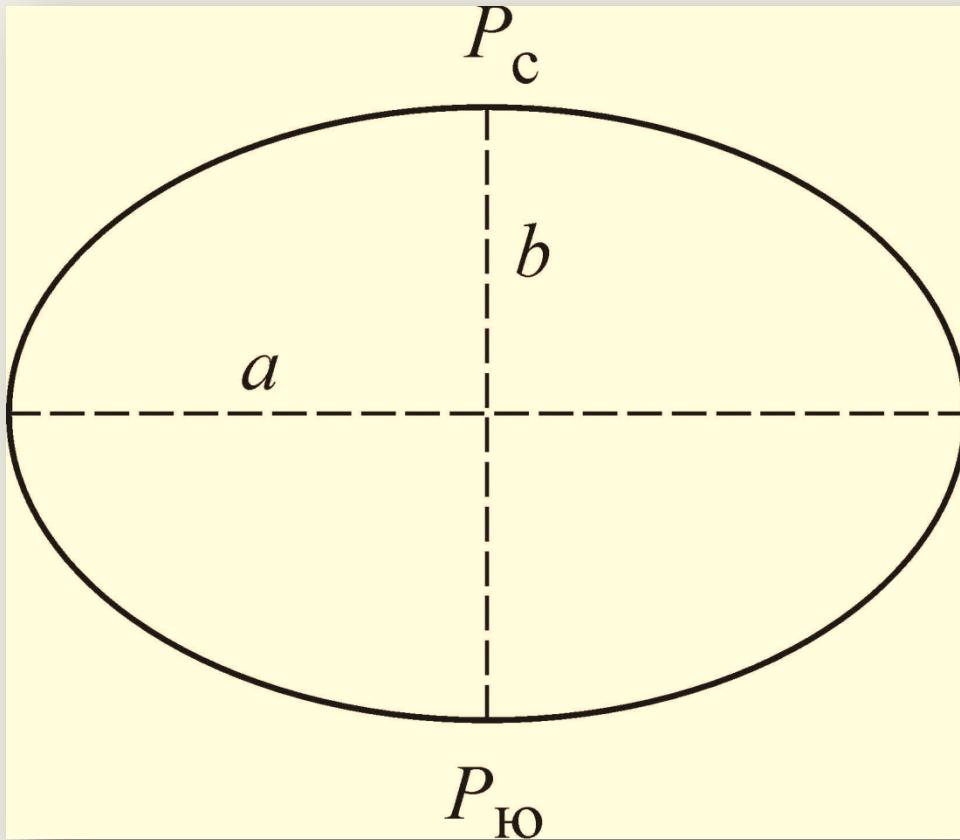
Геоид - тело, принятое за теоретическую фигуру Земли, ограниченное поверхностью океанов в их спокойном состоянии, продолженной и под материками.

Эллипсоид – фигура, получаемая вращением эллипса вокруг его малой оси

Используемые общеземные эллипсоиды: ПЗ-90 (Параметры Земли 1990г., РФ) и WGS-84 (Мировая геодезическая система 1984г., США)

Референц-эллипсоид – эллипсоид, принятый для геодезических работ в конкретной стране. С референц-эллипсоидом связана принятая в стране система координат.

В России с 1946 г. в качестве **референц-эллипсоида** используется эллипсоид Красовского с параметрами: $a = 6\ 378\ 245$ м, $\alpha = 1/298,3$.



Параметры эллипсоида:

a – большая полуось,

b – малая полуось,

α – полярное сжатие,

e – первый эксцентриситет
меридианного эллипса

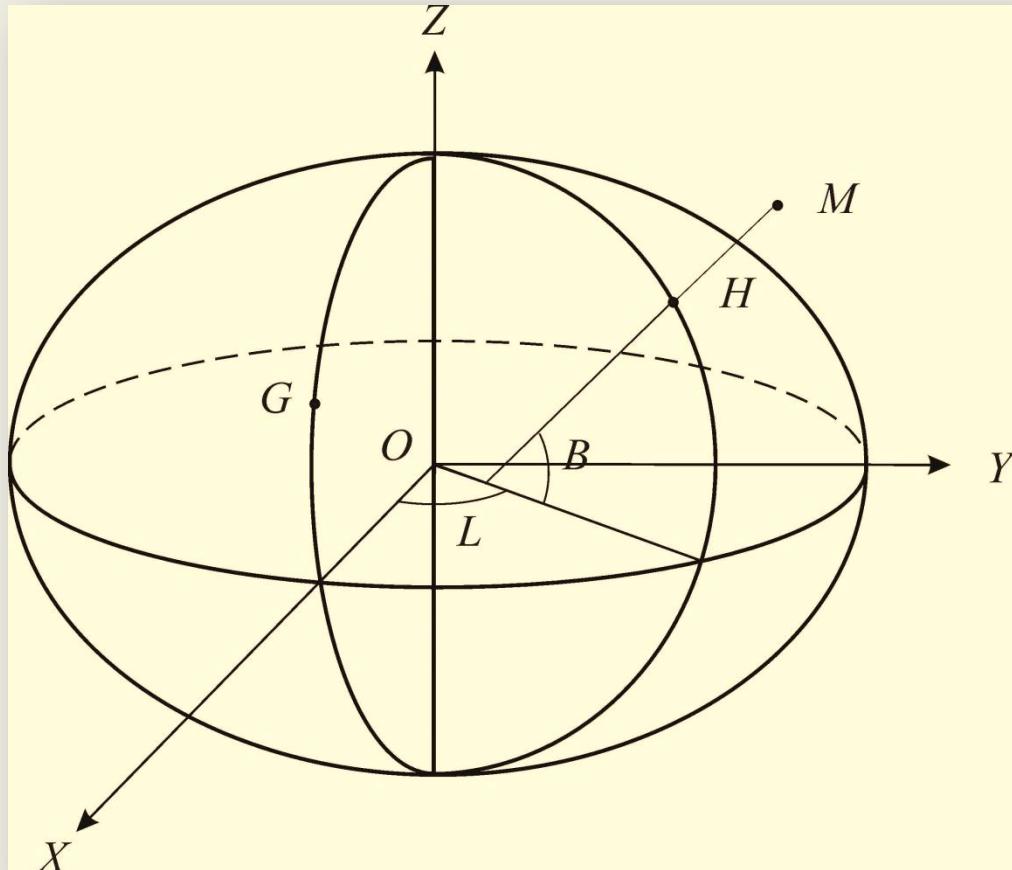
$$\alpha = \frac{a - b}{a}$$

$$e^2 = \frac{a^2 - b^2}{a^2}$$

Меридианный эллипс: P_c – северный полюс; $P_{ю}$ – южный полюс

Системы координат, применяемые в геодезии

ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ПРЯМОУГОЛЬНЫЕ КООРДИНАТЫ. Начало системы координат расположено в центре O земного эллипсоида



Ось Y направлена перпендикулярно осям Z и X на восток

Земной эллипсоид и координаты:

X, Y, Z – пространственные прямоугольные;
 B, L, H – геодезические;
 G – Гринвич

Ось Z направлена по оси вращения эллипсоида к северу.

Ось X лежит в пересечении плоскости экватора с начальным – гринвичским меридианом.

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ КООРДИНАТЫ

Геодезической широтой точки M называется угол B , образованный нормалью к поверхности эллипсоида, проходящей через данную точку, и плоскостью экватора.

Геодезические меридианы- плоскости сечения эллипсоида, проходящие через ось OZ , называются.

Геодезической долготой точки M называется двугранный угол L , образованный плоскостями начального (гринвичского) геодезического меридиана и геодезического меридиана данной точки.

Геодезической высотой точки M является ее высота H над поверхностью земного эллипсоида.

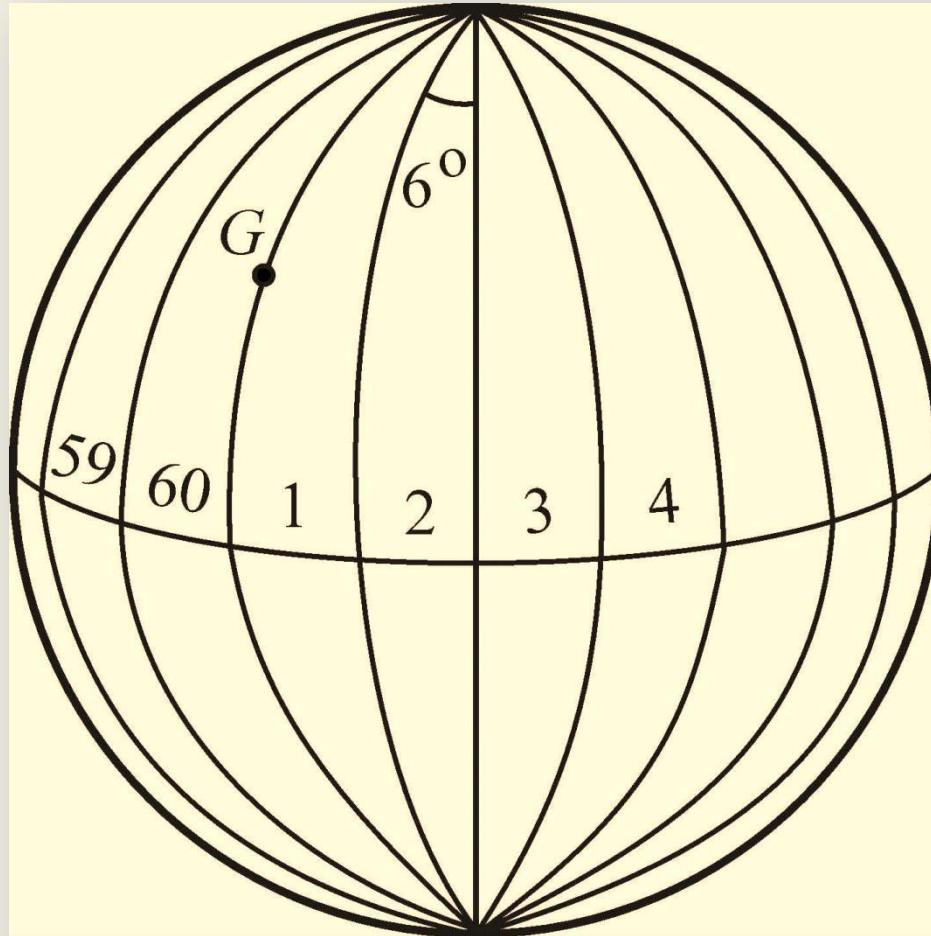
Геодезические координаты с пространственными прямоугольными координатами связаны **формулами**:

$$\begin{aligned} X &= (N + H) \cos B \cos L, \\ Y &= (N+H) \cos B \sin L, \\ Z &= [(1 - e^2) N+H] \sin B, \end{aligned}$$

где e – первый эксцентриситет меридианного эллипса и N – радиус кривизны первого вертикала. При этом $N=a/(1-e^2 \sin^2 B)^{1/2}$.

ПЛОСКИЕ ПРЯМОУГОЛЬНЫЕ КООРДИНАТЫ

В России принята система прямоугольных координат, основой которой является равноугольная поперечно-цилиндрическая *проекция Гаусса*.

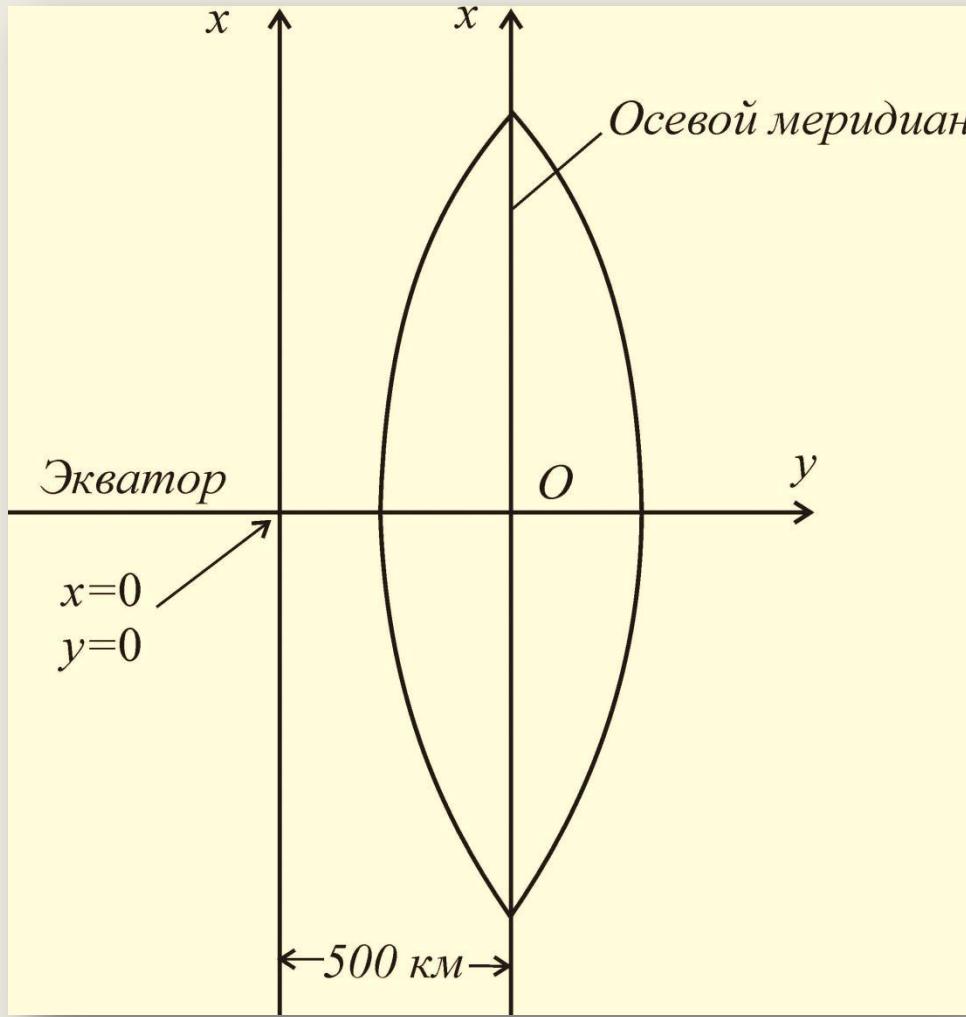


Деление поверхности Земли на координатные зоны: **G** – Гринвич

Долгота осевого
меридиана зоны
с номером N равна:

$$\lambda_0 = 6^\circ \cdot N - 3^\circ$$

Размер зоны по долготе равен 6°



Изображение координатной зоны на плоскости: O – начало координат ($x_0=0$; $y_0=500 \text{ км}$)

Ось абсцисс **X**-осевой меридиан

Ось ординат **y**-экватор

Координаты пересечения принимают равными:
 $x_0 = 0, y_0 = 500 \text{ км}$

России единая система координат **СК-95**.
На местности закреплена пунктами государственной геодезической сети

МЕСТНЫЕ (условные) СИСТЕМЫ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ КООРДИНАТ

используют при строительстве различных объектов, направления осей и начало координат назначают, исходя из удобства их использования в ходе строительства и последующей эксплуатации

СИСТЕМЫ ВЫСОТ

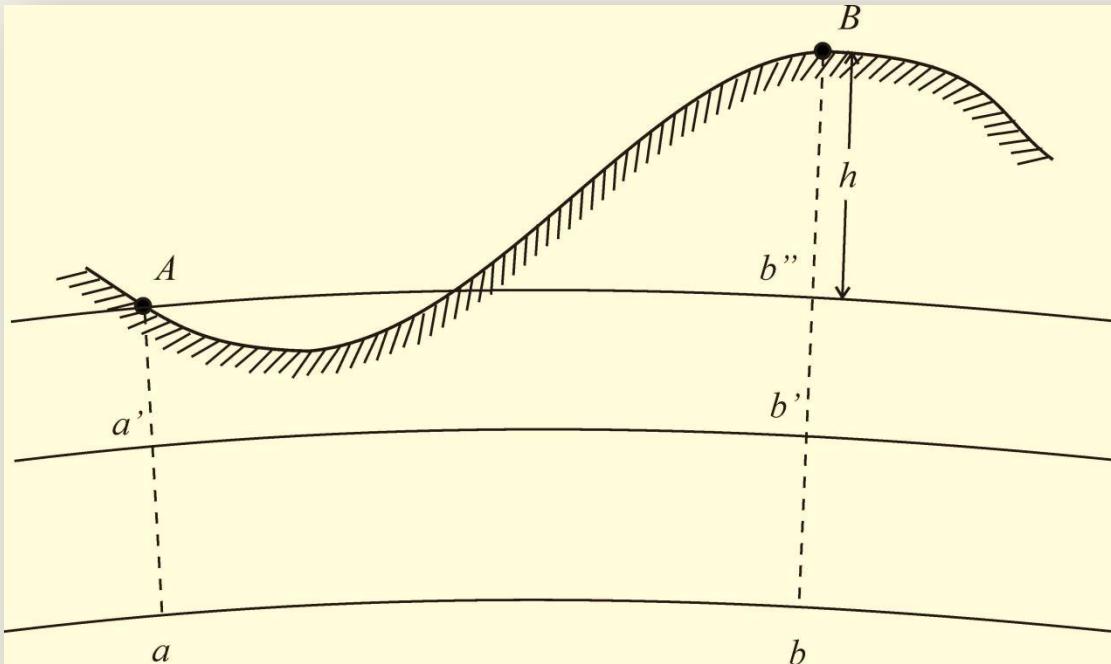
Высота точки- расстояние по отвесной линии от точки до уровенной поверхности, принятой за начало счета высот

Абсолютные высоты- высоты отсчитывают от основной уровенной поверхности, то есть от поверхности геоида

Условные высоты- начало счета от другой уровенной поверхности

В России- **Балтийская система высот**. Уровенная поверхность проходит через нуль Кронштадтского футштока

Абсолютные и условные высоты: $a'b'$ – уровенная поверхность; ab – поверхность геоида; Ab'' – уровенная поверхность точки A



Превышение (h_{AB}) –
разность высот двух точек

$$h_{AB} = H_B - H_A$$

Высота точки B :

$$H_B = H_A + h_{AB}$$

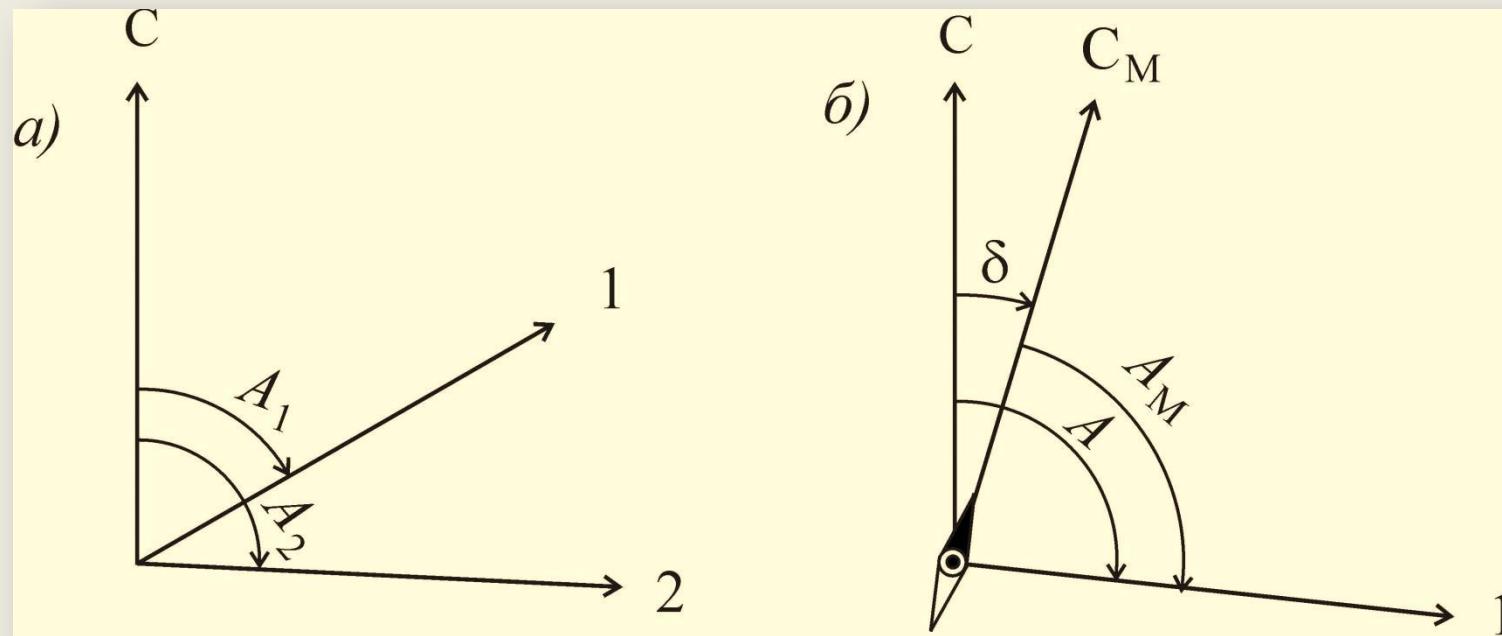
Нивелирование – измерение превышений и последующее
вычисление высот точек

Ориентирование линий. Прямая и обратная геодезические задачи

Углы ориентирования

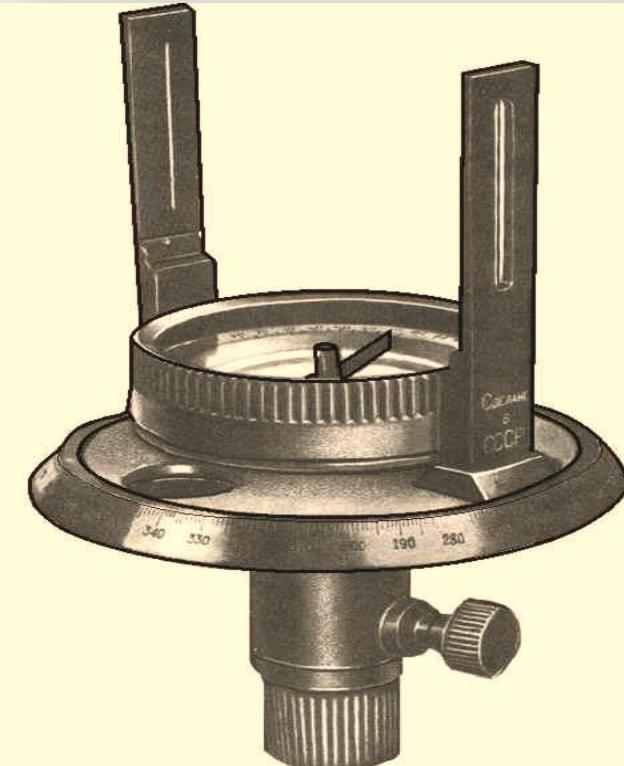
Угол, измеряемый по ходу часовой стрелки от северного направления меридиана до заданного направления, называется **азимутом**

Угол, отсчитываемый от северного направления магнитной стрелки до заданного направления, называется магнитным азимутом



Углы ориентирования: **а** – азимуты географические; **б** – магнитный азимут. **C** – северное направление меридиана, угол A_1 – азимут направления на точку 1 и A_2 – азимут направления на точку 2

Угол δ - склонение магнитной стрелки компаса от направления истинного меридиана



Буссоль

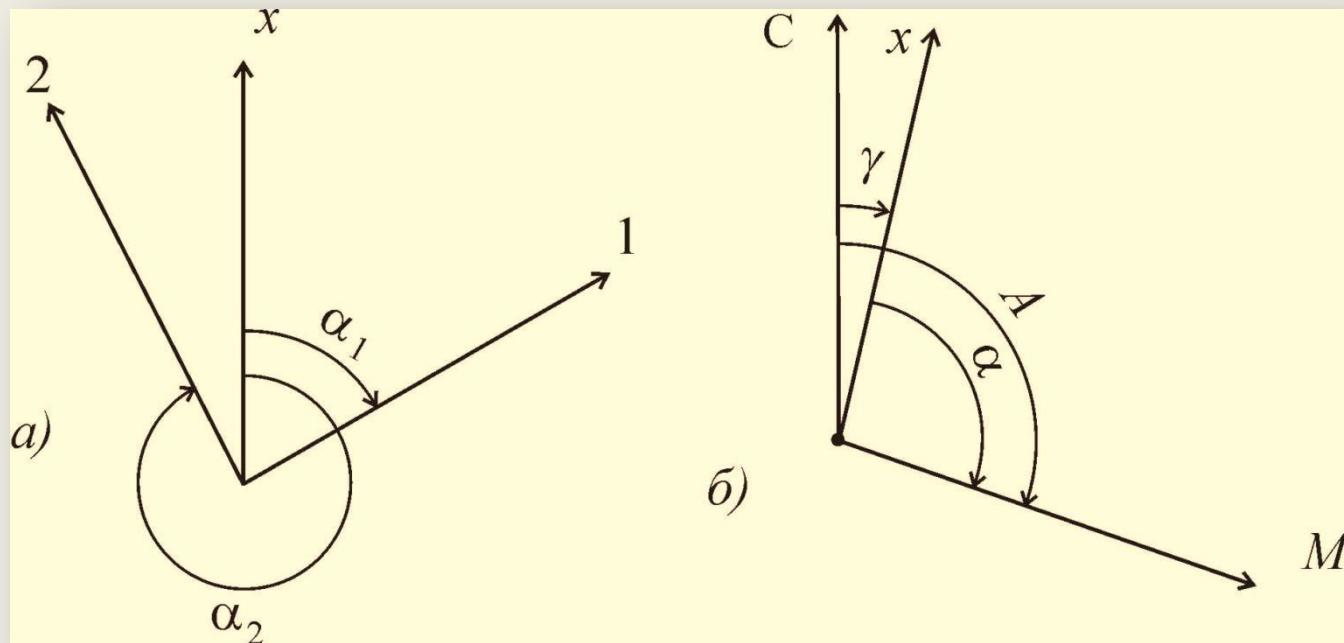
Азимут с магнитным азимутом связывает формула:

$$A = A_m + \delta;$$

где A – азимут, A_m – магнитный азимут

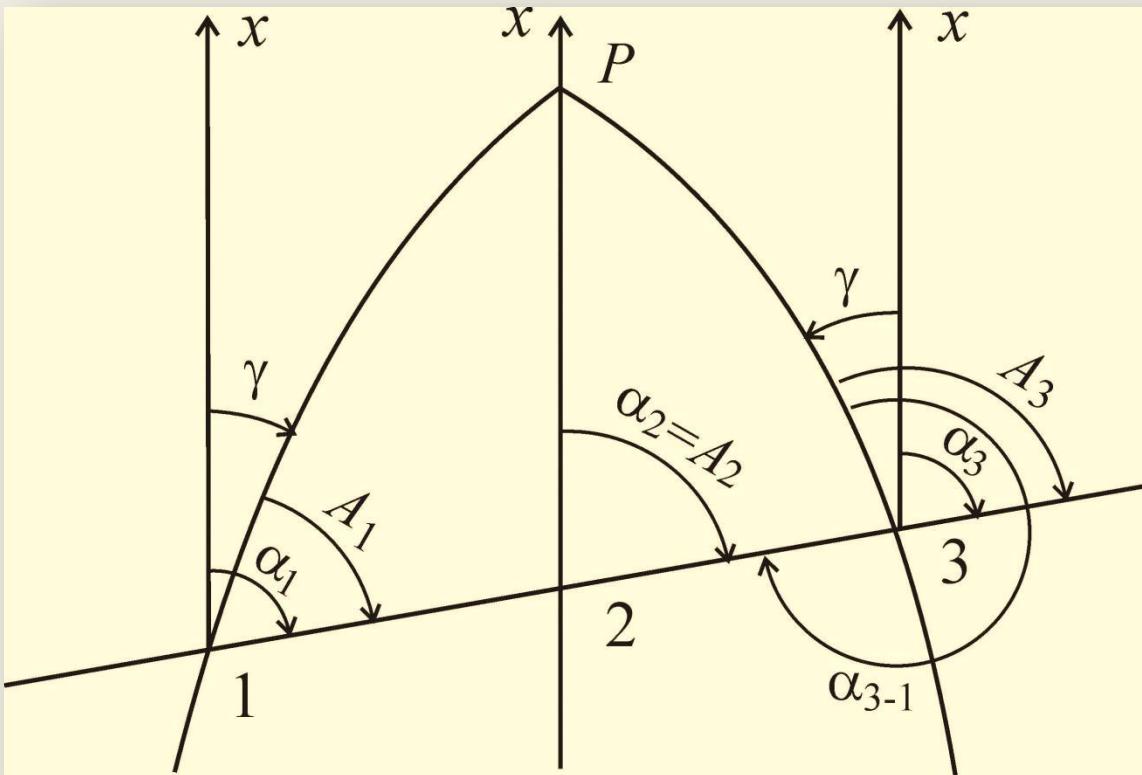
Дирекционный угол- угол между северным направлением осевого меридиана или линии ему параллельной и заданным направлением

Угол γ между северным направлением меридиана и направлением оси X прямоугольных координат (линии, параллельной осевому меридиану)- **сближение меридианов**



Углы ориентирования: a – дирекционные углы α_1 , α_2 ; $б$ – азимут A и дирекционный угол α

Отклонение оси X от меридиана к востоку, сближение меридианов считают положительным, при отклонении к западу – отрицательным. Справедлива формула: $A = \alpha + \gamma$



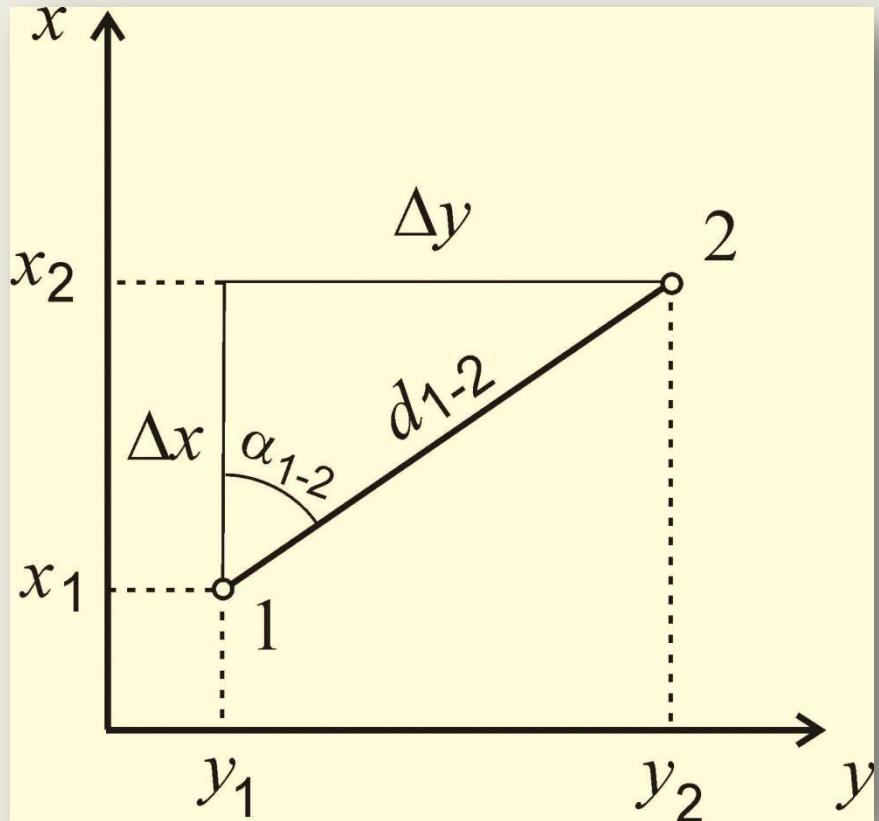
$$\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3$$

$$\alpha_{1-3} = \alpha_{3-1} \pm 180$$

$$A_1 \neq A_2 \neq A_3$$

Связь между азимутами и дирекционными углами: 1 – в западной половине зоны; 2 – на осевом меридиане; 3 – в восточной половине зоны; P – полюс; $1P, 3P$ – меридианы; $2P$ – осевой меридиан

ПРЯМАЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ ЗАДАЧА НА ПЛОСКОСТИ



$\Delta x, \Delta y$ – приращения координат

Известны: координаты X_1 и Y_1 точки 1, дирекционный угол α_{1-2} и расстояние d_{1-2} до точки 2

Требуется: вычислить ее координаты X_2 и Y_2

Координаты точки 2 вычисляют по формулам

$$x_2 = x_1 + \Delta x;$$

$$y_2 = y_1 + \Delta y;$$

$$\Delta x = d_{1-2} \cdot \cos \alpha_{1-2};$$

$$\Delta y = d_{1-2} \cdot \sin \alpha_{1-2}.$$

ОБРАТНАЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ ЗАДАЧА НА ПЛОСКОСТИ

Известны: координаты X_1, Y_1

точки 1 и X_2, Y_2 точки 2

Требуется: вычислить

расстояние между ними d_{1-2} и
дирекционный угол α_{1-2}

$$\operatorname{tg} \alpha_{1-2} = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$



$$\omega = \operatorname{arctg} \left(\frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \right)$$

Значения арктангенса всегда находятся в
диапазоне $-90^\circ \leq \omega \leq +90^\circ$

Переход от ω к α зависит от координатной
четверти, в которой расположено заданное
направление

	I четверть	II четверть	III четверть	IV четверть
Δx	+	-	-	+
Δy	+	+	-	-
ω	+	-	+	-
Формулы	$\alpha = \omega$	$\alpha = \omega + 180^\circ$	$\alpha = \omega + 180^\circ$	$\alpha = \omega + 360^\circ$

Определяем расстояние между точками:

$$d_{1-2} = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}.$$

ИЛИ

$$d_{1-2} = \frac{y_2 - y_1}{\sin \alpha_{1-2}} = \frac{x_2 - x_1}{\cos \alpha_{1-2}},$$

Соотношение между величиной дирекционного угла, названием румба и знаками приращений координат

Дирекционный угол	Название румба	Знаки приращений координат	
		Δx	Δy
$0^{\circ}-90^{\circ}$	СВ	+	+
$90^{\circ}-180^{\circ}$	ЮВ	-	+
$180^{\circ}-270^{\circ}$	ЮЗ	-	-
$270^{\circ}-360^{\circ}$	СЗ	+	-

$$\begin{aligned}\Delta x + \\ \Delta y - \\ r = 360^{\circ} - \alpha \\ \alpha = 360^{\circ} - r\end{aligned}$$

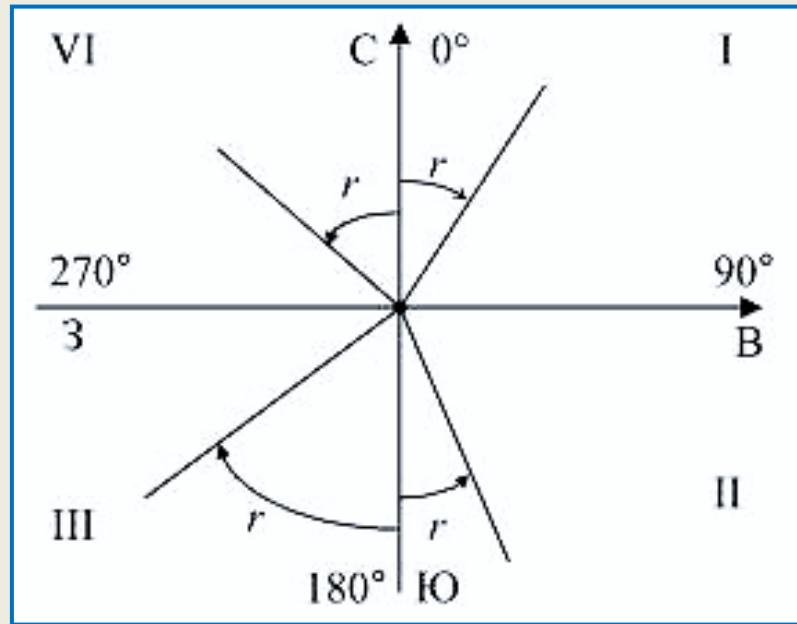
X

$$\begin{aligned}\Delta x + \\ \Delta y + \\ r = \alpha \\ \alpha = r\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta x - \\ \Delta y - \\ r = \alpha - 180^{\circ} \\ \alpha = r + 180^{\circ}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta x - \\ \Delta y + \\ r = 180^{\circ} - \alpha \\ \alpha = 180^{\circ} - r\end{aligned}$$

y



Зависимость между азимутами, дирекционными углами и румбами

Четверть	Пределы изменения азимута	Название румба и формула	Формула азимута	Формула дирекционного угла
I	0–90°	СВ: $r_1 = A_1$	$A_1 = r_1$	$\alpha_1 = r_1$
II	90–180°	ЮВ: $r_2 = 180^\circ - A_1$	$A_1 = 180^\circ - r_2$	$\alpha_2 = 180^\circ - r_2$
III	180–270°	ЮЗ: $r_3 = A_3 - 180^\circ$	$A_3 = 180^\circ + r_3$	$\alpha_3 = 180^\circ + r_3$
IV	270–360°	СЗ: $r_4 = 360^\circ - A_4$	$A_4 = 360^\circ - r_4$	$\alpha_4 = 360^\circ - r_4$