

# Дисциплина «Инженерная Геодезия»

## Расчётно-графическая работа № 1. «Решение инженерных задач на топографической карте»

### 1.7. Определение ориентированных углов

# Ориентирование линий

- Ориентирование на местности, а также решение многих специальных задач осуществляется посредством азимутов и дирекционных углов направлений.
- Ориентировать линию на местности – значит найти её направление (угол) относительно некоторого начального (исходного) направления.

За исходное направление принимают направления:

- истинного (географического) меридиана;
- магнитного меридиана;
- осевого меридиана системы прямоугольных координат.

# Истинный географический и магнитный меридианы

- Приблизжённым направлением истинного меридиана в данной точке местности является воображаемая линия пересечения земной поверхности с отвесной плоскостью, проходящей через эту точку и Полярную звезду
- Линия, получающаяся в пересечении отвесной плоскости, проходящей через полюсы магнитной стрелки компаса, с горизонтальной плоскостью – магнитный меридиан. Положение магнитного меридиана на местности определяется направлением оси магнитной стрелки компаса, расположенного в данной точке

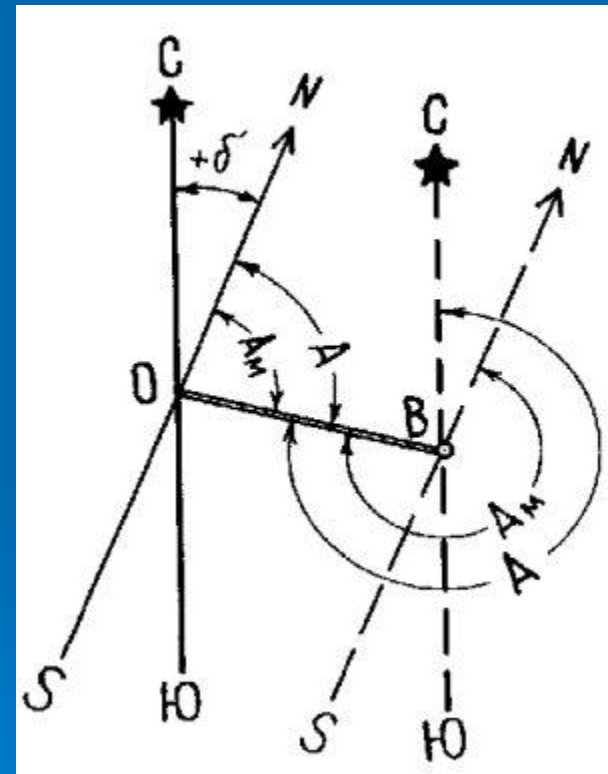
# Географические и магнитные полюса Земли



- Географические и магнитные полюса Земли не совпадают, они находятся на некотором расстоянии друг от друга.
- Поэтому стрелка компаса указывает не точно на Север, а немного в сторону, на Северный магнитный полюс.
- То же самое происходит и с Южным полюсом, в южном полушарии земли.
- Чтобы не возникло путаницы в расчётах, нужно знать, что любая карта, сориентирована на географический полюс, а стрелка компаса указывает на магнитный полюс.

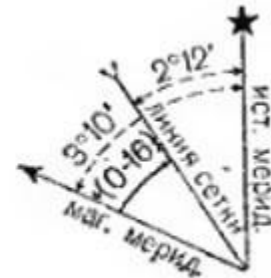
# Магнитное склонение

- Разница между истинным и магнитным полюсами составляет несколько градусов, этот угол называется, магнитным склонением.
- Магнитное склонение, может быть восточным, стрелка компаса отклоняется к востоку от истинного (географического) меридиана и обозначается «+» или западным, отклонение стрелки на запад и обозначение «-».
- Величина магнитного склонения разная в различной местности.

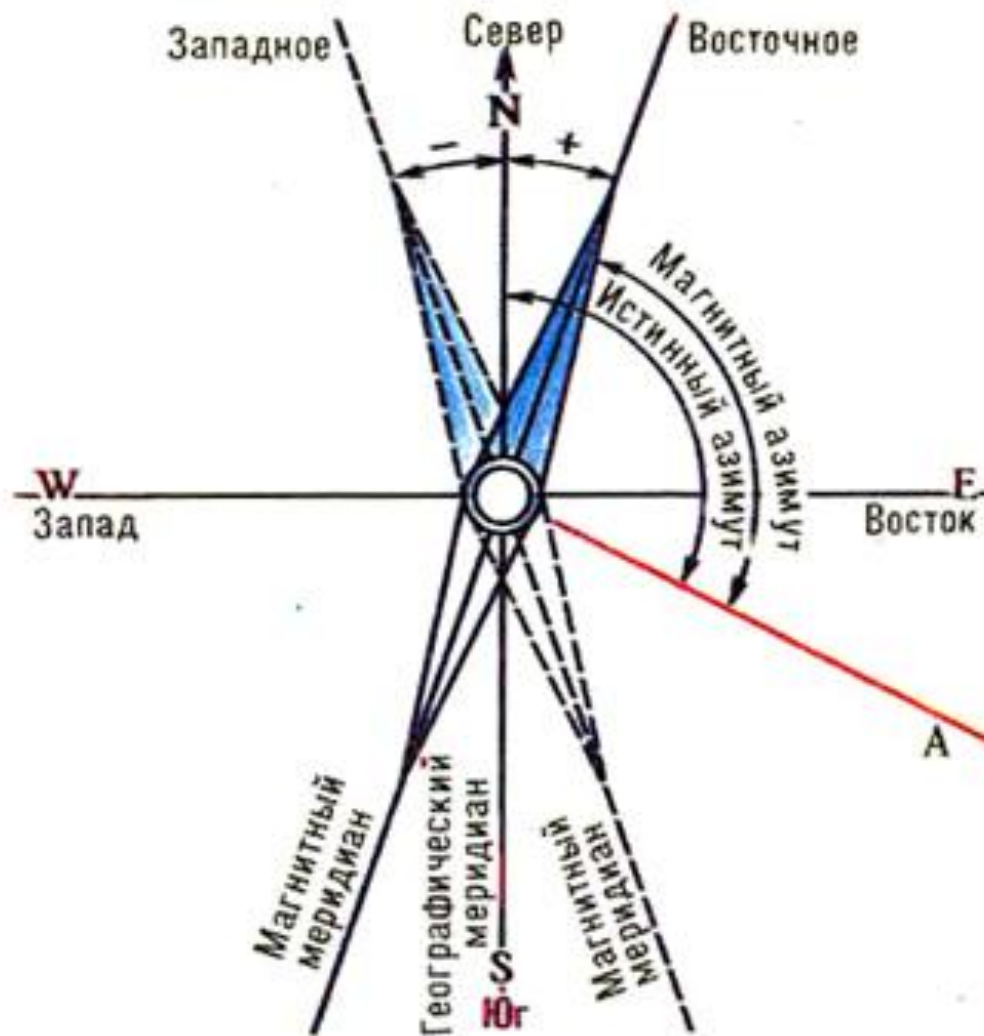


## Пример обозначения на карте магнитного склонения и сближения меридианов

Склонение на 1965 г. западное  $3^{\circ}10'$  (0-53). Среднее сближение меридианов западное  $2^{\circ}12'$  (0-37). При прикладывании буссоли (компаса) и вертикальным линиям координатной сетки среднее отклонение магнитной стрелки западное  $0^{\circ}58'$  (0-16). Годовое изменение склонения восточное  $0^{\circ}05',2$  (0-01). Поправка в дирекционный угол при переходе к магнитному азимуту плюс (0-16).  
Примечание. В скобках показаны деления угломера (одно деление угломера = 3,6).



- На топографических картах указывается не только магнитное склонение на год составления карты, но и его ежегодное изменение.
- Для определения магнитного склонения на момент вычисления необходимо умножить ежегодное изменение магнитного склонения на количество лет, прошедших с момента составления топокарты и прибавить значение, указанное на год составления.



Склонение магнитной стрелки и азимуты.

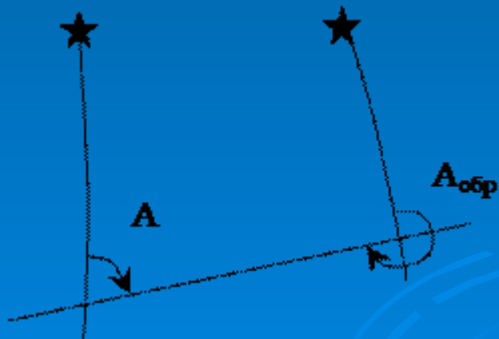
# Азимут

- Азимут измеряется в градусах и может иметь значение от  $0^\circ$  до  $360^\circ$ , измеряется обычно по ходу часовой стрелки.
- Азимуты могут быть прямыми и обратными.
- Прямой азимут, отсчитывается от  $0^\circ$  по часовой стрелке, он показывает направление от наблюдателя к предмету.
- Обратный азимут, показывает направление, от предмета к наблюдателю.
- Чтобы получить обратный азимут, нужно к прямому азимуту прибавить  $180^\circ$ , если прямой азимут меньше  $180^\circ$ , или вычесть эту величину если больше  $180^\circ$ .
- Например: прямой азимут, до одиноко стоящего дерева  $330^\circ$ , тогда обратный азимут будет:  $330^\circ - 180^\circ = 150^\circ$ .
- Для быстрого определения ориентиров, нужно запомнить направления основных и промежуточных сторон горизонта в градусах, по часовой стрелке:
- Север -  $0^\circ$  (или  $360^\circ$ , если против часовой), Северо-восток -  $45^\circ$ , Восток -  $90^\circ$ , Юго-восток -  $135^\circ$ , Юг -  $180^\circ$ , Юго-запад -  $225^\circ$ , Запад -  $270^\circ$ , Северо-запад -  $315^\circ$ .



Истинный (географический) азимут  
измеряется транспортиром на карте

горизонтальный угол,  
отсчитываемый в  
данной точке от  
северного конца  
истинного  
(географического)  
меридиана по ходу  
часовой стрелки до  
направления  
ориентируемой линии



□  $A$  – прямой истинный  
азимут

□  $A_{обр}$  – обратный  
истинный азимут

$A_{обр} = A + 180,$   
если  $A < 180$  град.

$A_{обр} = A - 180,$   
если  $A > 180$  град.

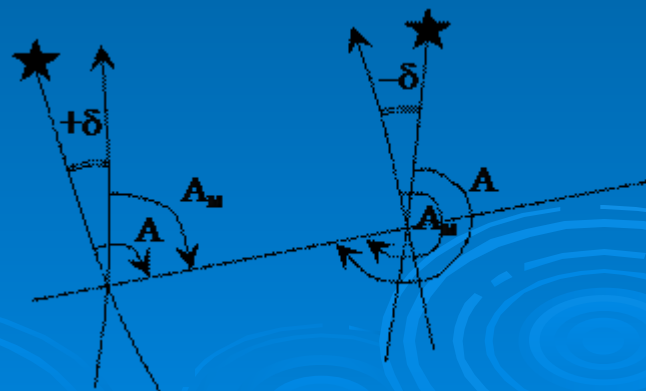
## Магнитный азимут линии измеряется компасом на местности

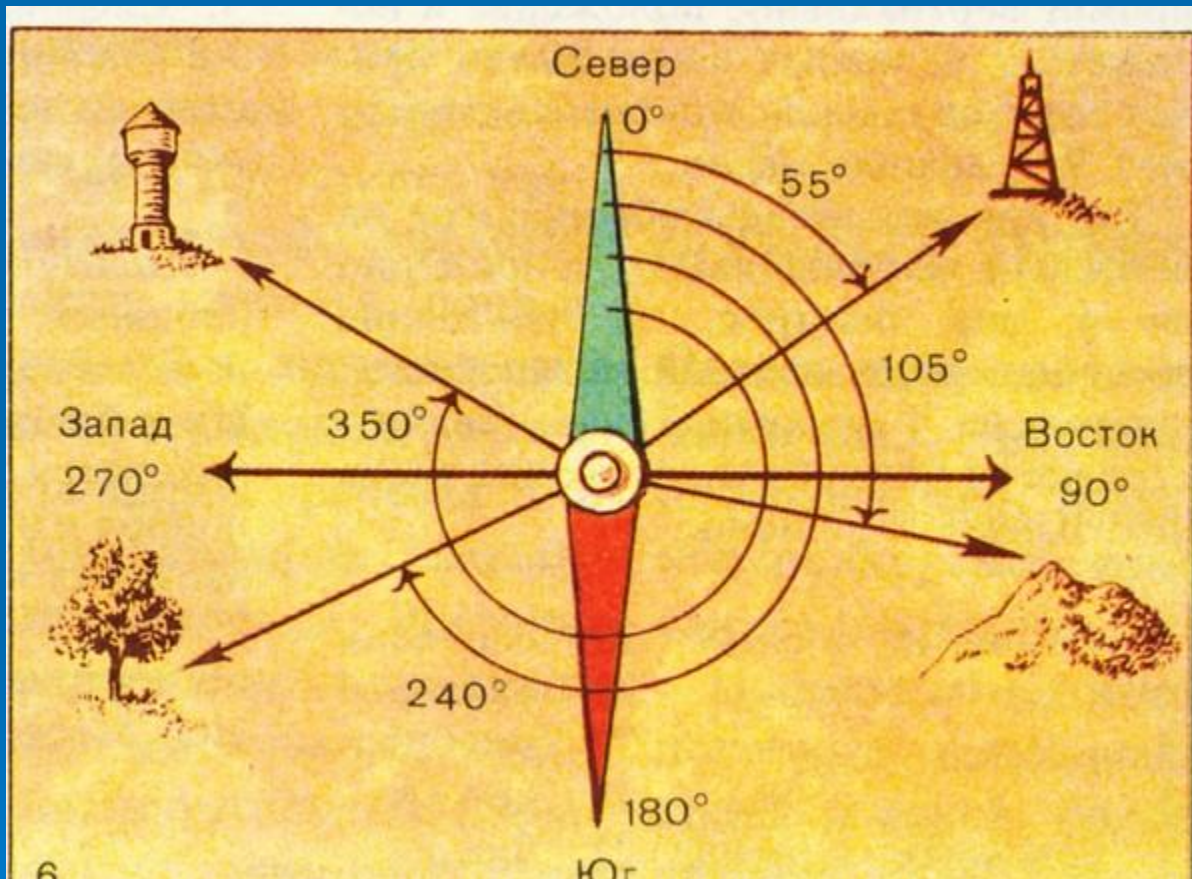
горизонтальный угол,  
отсчитываемый в  
данной точке от  
северного конца  
магнитного  
меридиана по ходу  
часовой стрелки до  
направления  
ориентируемой  
линии

$A$  – истинный азимут,  
 $\delta$  – склонение магнитной стрелки – угол  
между истинным и магнитным  
меридианами.

$\delta$  со знаком «+» при положении  
магнитного меридиана вправо от  
истинного меридиана, и со знаком «-»  
при положении влево.

$$A_m = A - \delta$$



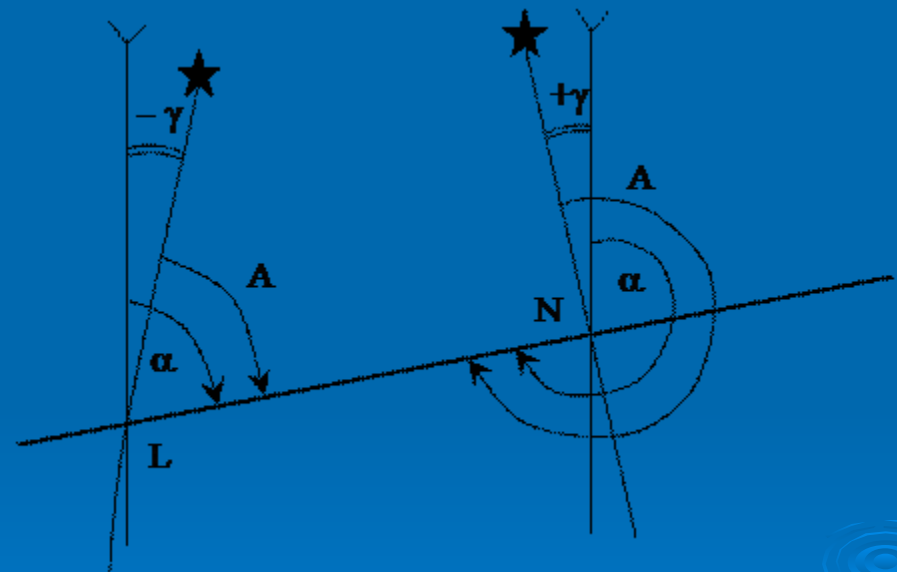


## Дирекционный угол линии

Дирекционный угол – это угол  $\alpha$  откладываемый по часовой стрелке от  $0^\circ$  до  $360^\circ$  между северным направлением координатной сетки карты и направлением на объект.

Откладывание дирекционного угла по вертикальной координатной сетки позволяет оперативно вести вычисления при работе с топографической картой.

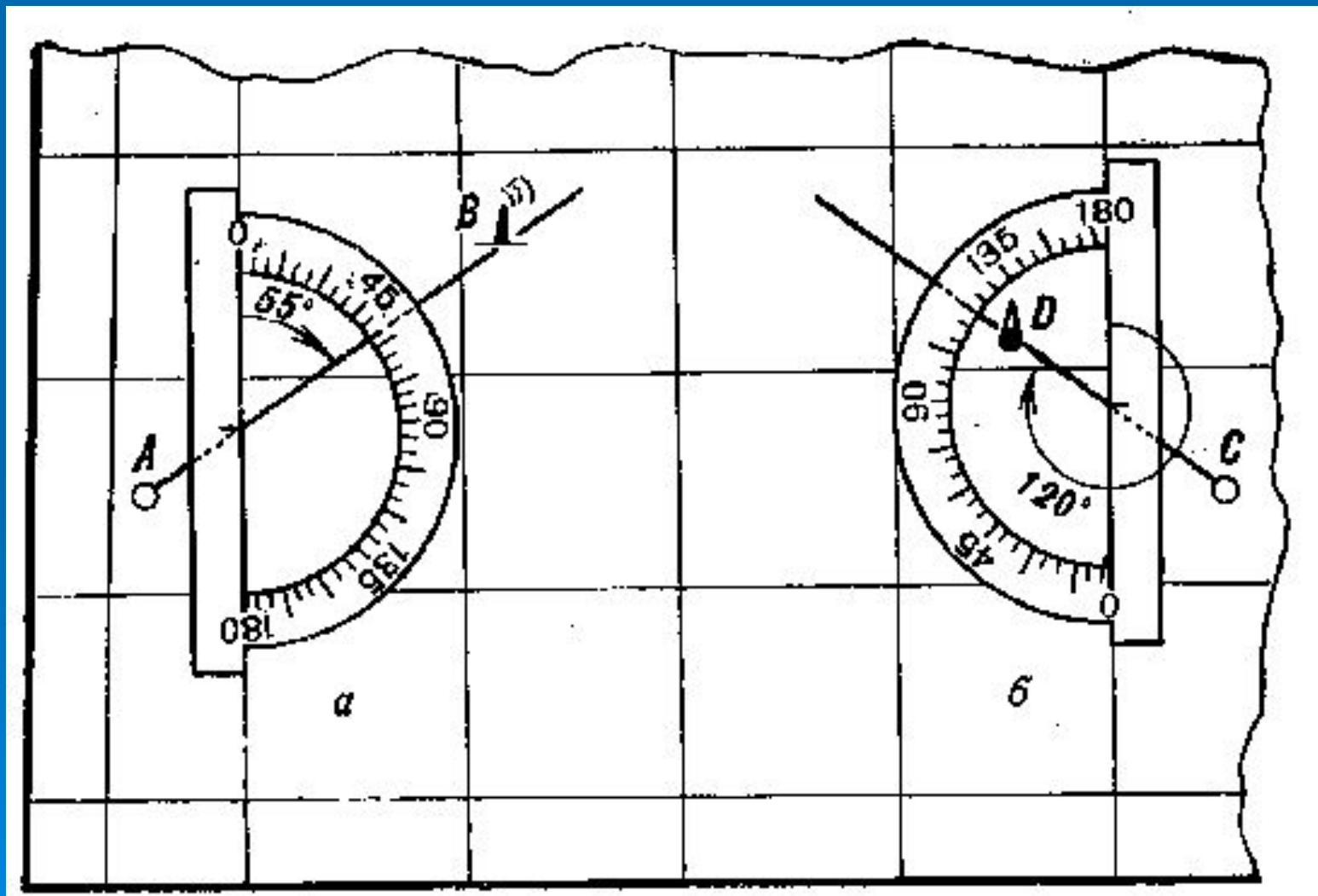
$\alpha$  – дирекционный угол линии  $LN$ ,  
 $\alpha_{\text{обр}}$  – дирекционный угол линии  $NL$ .



Связь прямого и обратного дирекционных углов:

$$\alpha_{\text{обр}} = \alpha \pm 180^\circ$$

# Определение дирекционных углов



# Связь истинного азимута и дирекционного угла

Разница между дирекционным углом и истинным азимутом состоит в сближении меридианов.

**Сближение меридианов** - это угол между истинным меридианом и вертикальной линией координатной сетки (осевым меридианом).

$$A = \alpha + \gamma,$$

□ где  $\gamma$  – сближение меридианов; имеет знак «+», если осевой меридиан расположен вправо от истинного меридиана, и знак «-», если осевой меридиан расположен влево от истинного меридиана.





Определение магнитных азимутов по измеренным дирекционным углам

$Ам = ДУ - (\pm ПН)$   
 $ПН = \pm Сх - (\pm Сб)$   
 $ДУ = Ам + (\pm ПН)$

Пример 1.

$ДУ = 228^\circ$  (измерено по карте)  
 $Сх = +6^\circ 15'$   
 $Сб = -2^\circ 21'$  } данные указаны под южной рамкой карты  
 $ПН = +6^\circ 15' - (-2^\circ 21') = +8^\circ 36'$   
 $Ам = 228^\circ - (+8^\circ 36') = 219^\circ 24'$

Пример 2.

$ДУ = 43^\circ$   
 $ПН = +8^\circ 36'$   
 $Ам = 43^\circ - (+8^\circ 36') = 34^\circ 24'$

## Переход от дирекционного угла к магнитному азимуту и обратно

Необходим при построении маршрута движения по азимутам, учитывающего магнитное склонение (в то время как на топокарте все направления строятся по дирекционным углам, откладываемым от вертикальной координатной сетки).

Переход от дирекционного угла к магнитному азимуту проводится по формуле:

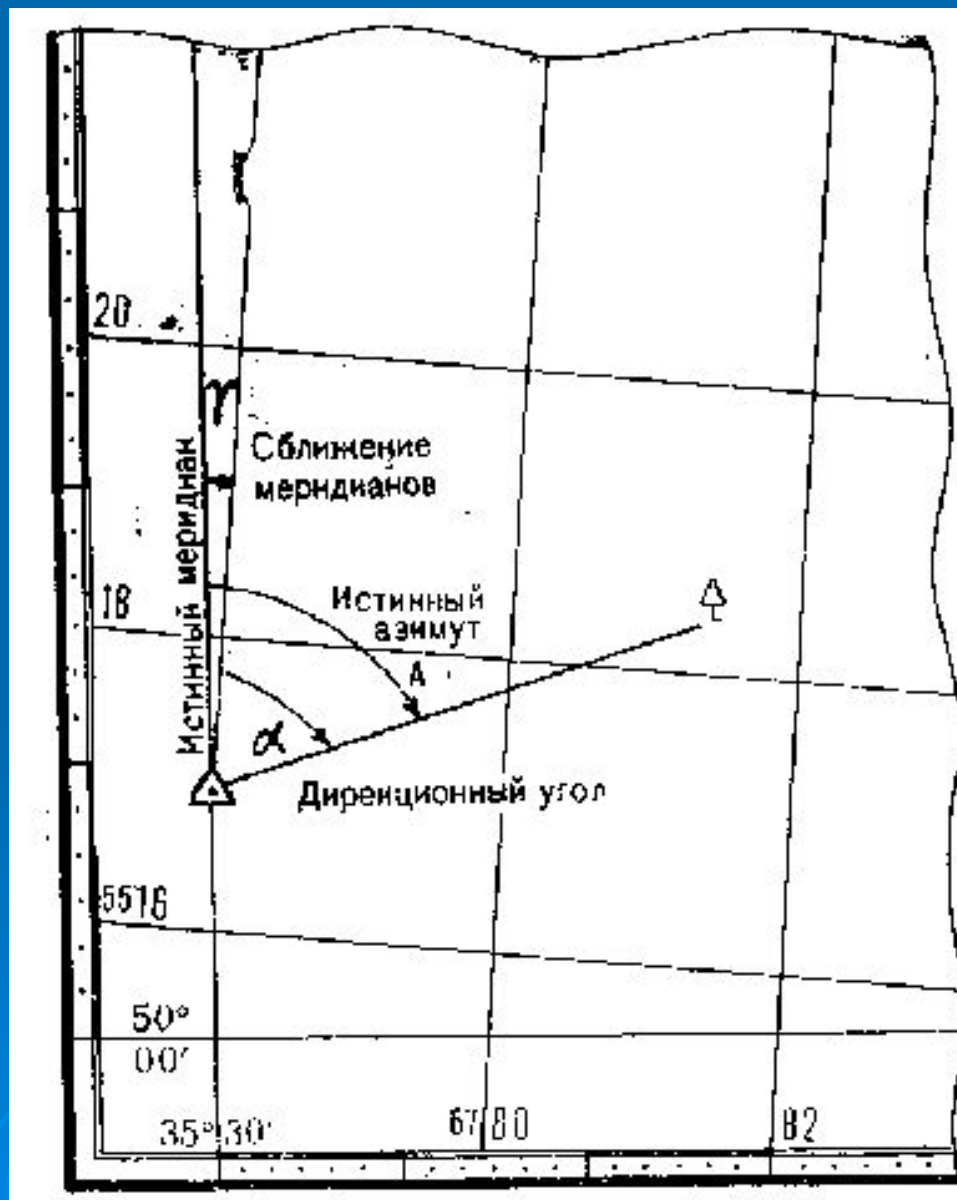
$$A_m = \alpha - \delta + \gamma$$

и наоборот

$$\alpha = A_m + \delta - \gamma$$

где:  $A_m$  - магнитный азимут;  $\alpha$  - дирекционный угол;  
 $\delta$  - магнитное склонение;  $\gamma$  - сближение меридианов





## УГЛЫ, НАПРАВЛЕНИЯ И ИХ ВЗАИМОСВЯЗЬ НА КАРТЕ



Склонение восточное (со знаком +), если северный конец магнитной стрелки отклоняется к востоку от истинного меридиана. Склонение западное (со знаком -), если стрелка отклоняется к западу от истинного меридиана



Для листов, расположенных к востоку от осевого меридиана, сближение меридианов положительное, к западу — отрицательное

Чет- верть	Значение дирекцион- ного угла	Назва- ние румба	Связь между румбами дирекц. углами	Прираще=н ия знаков координат
1	0 – 90	С-В	$r = \alpha$	$\Delta X - \langle + \rangle$ $\Delta Y - \langle + \rangle$
2	90 – 180	Ю-В	$r = 180 - \alpha$	$\Delta X - \langle - \rangle$ $\Delta Y - \langle + \rangle$
3	180 – 270	Ю-З	$r = \alpha - 180$	$\Delta X - \langle - \rangle$ $\Delta Y - \langle - \rangle$
4	270 - 360	С-З	$r = 360 - \alpha$	$\Delta X - \langle + \rangle$ $\Delta Y = \langle - \rangle$

# Румбы

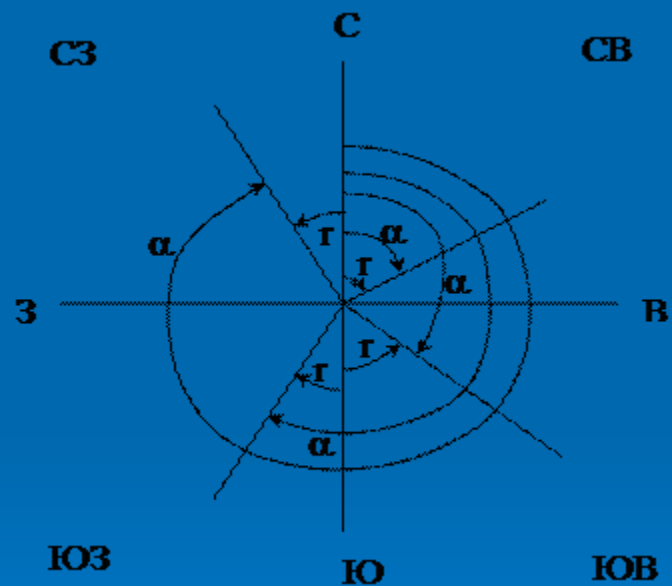
- острый угол, отсчитываемый по часовой стрелке от ближайшего направления осевого меридиана (вертикальные линии километровой сетки) до направления определяемой линии
- румбы измеряются транспортиром
- связь между дирекционными углами и румбами:

СВ:  $r = \alpha$ ;

ЮВ:  $r = 180^\circ - \alpha$ ,  $\alpha = 180^\circ - r$ ;

ЮЗ:  $r = \alpha - 180^\circ$ ,  $\alpha = 180^\circ + r$ ;

СЗ:  $r = 360^\circ - \alpha$ ,  $\alpha = 360^\circ - r$ .



# Осевые румбы и дирекционные углы

Зависимость между дирекционными углами и румбами:

□ I четверть (СВ)

$$r = a,$$

□ II четверть (ЮВ)

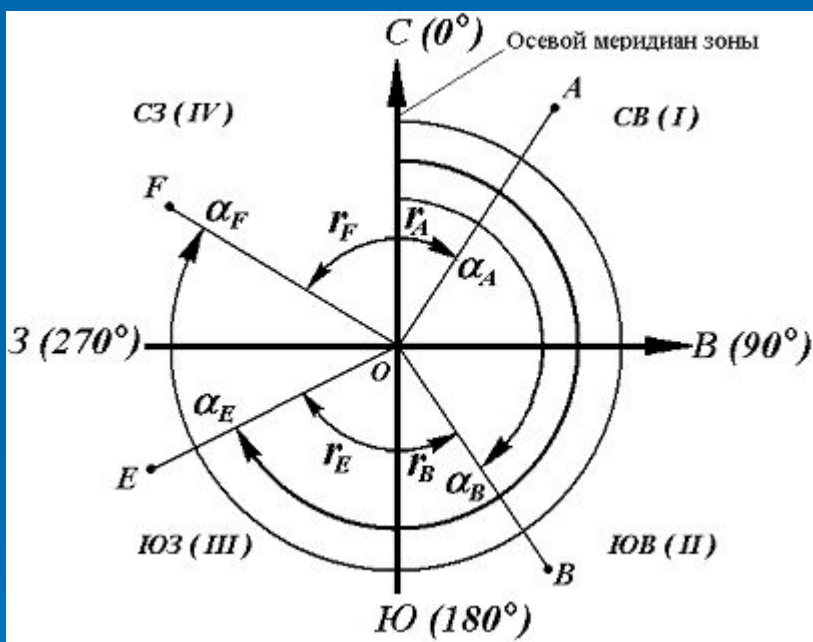
$$r = 180^\circ - a,$$

□ III четверть (ЮЗ)

$$r = a - 180^\circ,$$

□ IV четверть (СЗ)

$$r = 360^\circ - a.$$

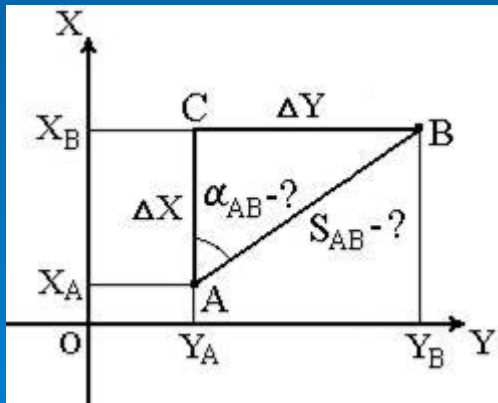


# Прямая геодезическая задача



# Решение обратной геодезической задачи

- Цель: вычисление длины линии и дирекционного угла линии по известным координатам её конечных точек:
- $A(X_A; Y_A)$  и  $B(X_B; Y_B)$



- Находим приращения координат:  
$$\Delta X = X_B - X_A$$
$$\Delta Y = Y_B - Y_A$$
- Величину осевого румба  $r_{AB}$  определяем из отношения:  
$$\operatorname{tg} \alpha = \Delta X / \Delta Y$$
- По знакам приращений координат определяем четверть, в которой располагается румб, и её название
- Длина линии:  
$$S = \Delta X / \cos \alpha \text{ или } S = \Delta Y / \sin \alpha$$

## Пример обратной геодезической задачи

- Координаты точек:

**A** (5998,650 км; 2396,750 км)

**B** (6000,150 км; 2395.250 км)

- Находим приращения:

$$\Delta X = 1,5 \text{ км}; \Delta Y = -1,5$$

- Вычисляем осевой румб  $r_{AB}$  из отношения

$$\operatorname{tg} r = \Delta X / \Delta Y; \operatorname{tg} r = 1,5 / -1,5 = -1; r = 45 \text{ град.}$$

- По знакам приращений координат  $\Delta X > 0$  и  $\Delta Y < 0$  определяем четверть – IV (СЗ).

- Используя зависимость между дирекционными углами и осевыми румбами в IV четверти, находим дирекционный угол:

$$\alpha = 360 \text{ град.} - 45 \text{ град.} = 315 \text{ град.}$$

- Вычисляем расстояние:  $S_{AB} = \sqrt{1,5^2 + (-1,5)^2} = \sqrt{4,5} = 2,121 \text{ км}$

- Контроль вычисления:  $S_{AB} \text{ км} = 1,5 / \cos 315 \text{ град.} = 2,121 \text{ км.}$



# Примеры расчётов

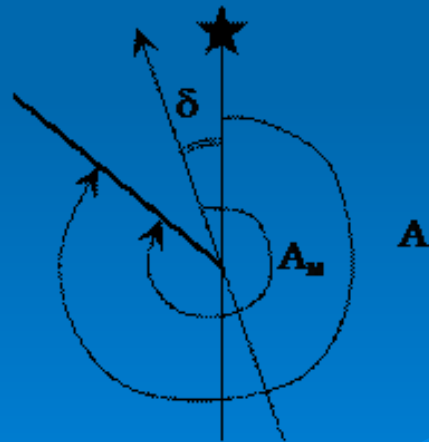
□ Дано:

$$A_m = 308^{\circ}33', \delta = -6^{\circ}27'.$$

□ Найти  $A$ .

$$A = A_m + \delta;$$

$$A = 308^{\circ}33' - 6^{\circ}27' = 302^{\circ}06'.$$



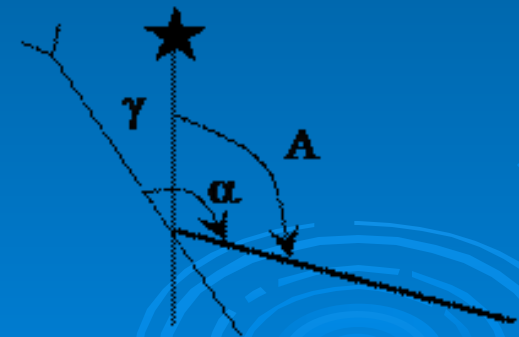
□ Дано:

$$\gamma = -2^{\circ}35', \alpha = 168^{\circ}47'.$$

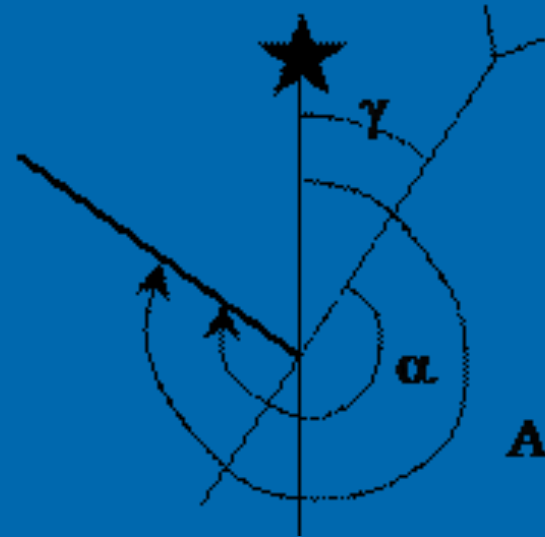
□ Найти  $A$ .

$$\square A = \alpha + \gamma;$$

$$\square A = 168^{\circ}47' + (-2^{\circ}35') = 166^{\circ}12'.$$



## Пример 3



□ Дано:

$$\gamma = + 4^{\circ} 11', A = 312^{\circ} 56'.$$

Вычислить  $\alpha$ .

□  $A = \alpha + \gamma;$

□  $\alpha = A - \gamma = 312^{\circ} 56' - 4^{\circ} 11' = 308^{\circ} 45'.$

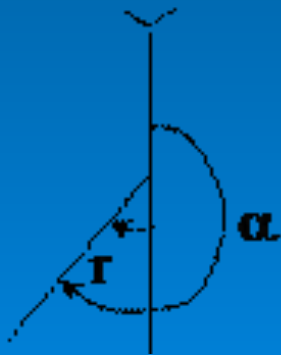
# Примеры 4,5

□ Дано:

$$r = ЮЗ: 56^{\circ}41'$$

□ Найти  $\alpha$

$$\alpha = 180^{\circ} + 56^{\circ}41' = 236^{\circ}41'.$$



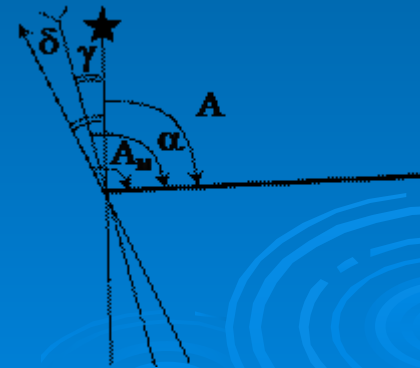
□ Дано:

$$= 92^{\circ}11', \gamma = -4^{\circ}30',$$

$$\delta = -9^{\circ}42'.$$

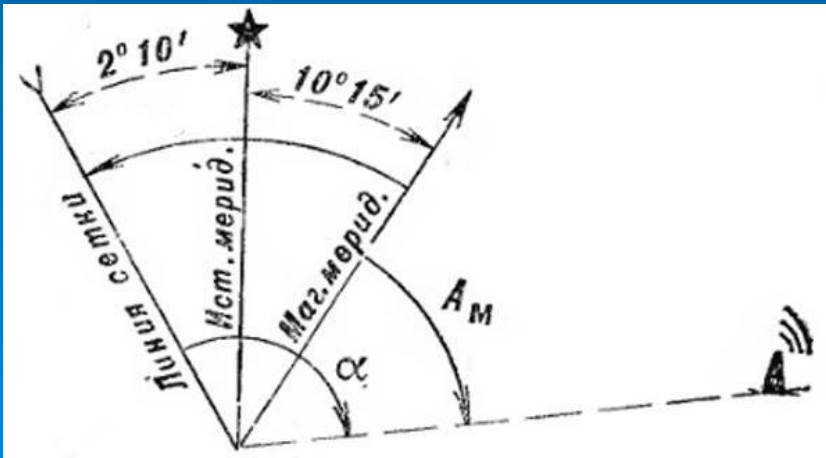
□ Найти  $A$  и  $A_m$ .

$$A = 92^{\circ}11' - 4^{\circ}30' = 87^{\circ}41',$$
$$A_m = 87^{\circ}41' + 9^{\circ}42' = 97^{\circ}23'.$$



# Пример 6

- **Схема перехода от дирекционного угла к магнитному азимуту**
- Сначала вычислим магнитное склонения на 2011 год:
- $\delta = 10^{\circ}15' + (0^{\circ}04' \times 29) = 12^{\circ}11'$
- Вычисление магнитное азимута:  
 $A_M = 95^{\circ}12' - 12^{\circ}11' + (-2^{\circ}10') = 80^{\circ}51'$
- Магнитное склонение на 1982 год восточное, т.е. положительное  $10^{\circ}15'$ .
- Год вычисления 2011.
- Ежегодное изменение магнитного склонения тоже восточное  $0^{\circ}04'$ .
- Сближение меридианов западное, поэтому со знаком минус  $2^{\circ}10'$ .
- Необходимо дирекционный угол  $95^{\circ}12'$  перевести в магнитный азимут для применения на местности.



# Задания

Угол, образованный направлениями на север и на предмет

а) азимут;

б) румб;

в) дирекционный угол.

Чему равны азимуты направлений на север, юго-восток, запад?

# Азимутальная съёмка

- По данным таблицы чертят план местности

Номер точки	Азимут, град.	Расстояние, м	Объект
1	90	100	дом лесника
2	180	80	родник
3	270	100	куст
4	0	80	ель

# Начертить

- Мы будем снимать участок местности размером 100 на 100 м. Для этого выберем масштаб в 1 см — 10 м.
- Начертите в левом верхнем углу листа стрелку север — юг. Сверху запишите масштаб: в 1 см — 10 м.
- В центре листа поставьте точку стояния. С этой точки снимается местность. По азимуту  $0^\circ$  на расстоянии 80 м мы видим колодец. (Ученики откладывают по направлению на север 8 см и в конце рисуют топографический знак колодца.)
- На востоке от нас на расстоянии 60 м стоит береза.
- На юго-западе проходит грунтовая дорога в направлении с юго-запада на северо-восток.
- По азимуту  $270^\circ$  находится деревянный мост через реку. Река течет с юга на север.

# Начертить:

- Группа туристов отправилась от одиноко стоящего дерева на северо-восток и, пройдя по лугу 500 м, дошла до непроходимого болота. Туристы повернули на северо-запад и прошли еще 500 м, слева от них был хвойный лес, а справа — кустарник. Дошли до озера. Далее пошли по азимуту  $180^\circ$  и прошли 350 м. Справа был редкий лес, а слева — просека, которая проходила с запада на восток через хвойный лес. Туристы повернули по азимуту  $270^\circ$  и прошли еще 350 м, дойдя до фруктового сада, они вернулись на прежнюю стоянку.



# Шпаргалка

## **Азимуты: истинный, магнитный. Склонение магнитной стрелки**

Ориентирование линии – опр-е ее направления на местности относительно некоторого направ-я, принятого за начальное

Азимут линии – угол, отчит-й от сев. направления меридиана по ходу часовой стрелки до ориентируемой линии. От 0 до 360.

Истинный – отчит-ся от ист-го меридиана

Магнитный отчит-ся от магнитного меридиана

Склонение магн-й стрелки – угол, отчит-й от сев. направления истинного меридиана до магнитного меридиана. Если магн-й мер-н восточнее ист-го мер-на – восточное склонение, если западнее – западное склонение.

# Шпергалка

- **Дирекционные углы. Методы их опр-я. Сближение меридианов**
- Дир. угол – горизонтальный угол, отсчит-й по часовой стрелке от сев. направ-я осевого меридиана зоны или от линии ему пар-й до ориент-й линии. От 0 до 360.
- Сближение меридианов – угол, отсчит-й от сев. направления истинного меридиана до параллели осевому меридиану

# Шпаргалка

- **Зависимость между дир. углом и ист. и магн. азимутом линии**
- Завис-ть между ист аз-м  $A$  линии  $OB$  и дир. углом  $a$  линии  $OB$ .  
 $N0$  – пар-ль осевому мерид-ну,  $y$  – сближение мерид-в:
- $A = \alpha + y$
- Завис-ть между ист. аз-м  $A$  и  $A_m$  – магн. азимут линии  $OB$ ,  $\delta$  – склонение магн. стрелки:
- $A = A_m + \delta$
- Завис-ть между дир. углом и магн. аз-м:
- $a + y = A_m + \delta$  или  $a = A_m + \delta + y$
  
- **Прямые и обратные дир. углы и азимуты.**
- прямой  $a_{AB}$  обратный  $a_{BA}$
- $a_{BA} = a_{AB} + 1800$

# Шпаргалка

- **Зависимость между гориз. и дир. углами сторон хода.**
- Стороны хода АВ и ВС
- Дир. угол  $a_{AB}$  известный, правый по ходу угол  $b_{п}$
- $a_{BC} = a_{AB} - b_{п}$
- $a_{BC} = a_{AB} + 180 - b_{п}$
- если левый угол:
- $a_{BC} = a_{AB} + 180 + b_{п}$
- Румб  $r$  – гор-ый угол (острый), отсчит-й от ближайшего направ-я мерид-на до ориент-ой линии (от 0 до 90), для опр-я необходимо указать четверть в кот. линия нах-ся