

## Лекция 5. Ориентирование линий местности

Ориентировать линию местности - это значит найти её направление относительно какого-либо другого направления, принимаемого за *исходное*. Горизонтальный угол между исходным направлением и ориентируемой линией называется *ориентируемым углом*.

В качестве исходных в геодезии принимают направления истинного (географического) меридиана, магнитного меридиана либо осевого меридиана зоны, т.е. оси Ох или линий, ей параллельной. В зависимости от выбранного исходного направления ориентирным углом может быть истинный азимут, магнитный азимут, дирекционный угол или румб.

**Истинный и магнитный азимуты. Склонение магнитной стрелки.** Направление истинного меридиана на местности может быть получено из астрономических наблюдений, а также с помощью специальных приборов – гирокомпасов или гиротеодолитов.

Угол, отсчитываемый по ходу часовой стрелки от северного направления истинного меридиана до данного направления, называется *истинным азимутом*  $A$  (рис. 7, а). Истинный азимут изменяется от 0 до 360°.

Направление магнитного меридиана определяется при помощи приборов с магнитной стрелкой (компаса или буссоли). Угол, отсчитываемый по ходу часовой стрелки от северного направления магнитного меридиана до данного направления, называется *магнитным азимутом*  $A_m$  (см.рис. 7,а). Магнитный азимут, так же как и истинный, может изменяться от 0 до 360°.

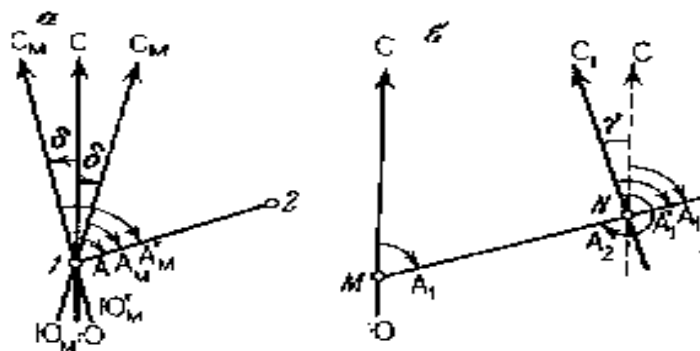


Рис.7

Магнитный меридиан, как правило, не совпадает с истинным в данной точке земной поверхности, образуя с ним некоторый угол  $\delta$ , называемый *склонением магнитной стрелки*. Угол  $\delta$  отсчитывается от истинного меридиана до магнитного и может быть восточным (со знаком плюс) и западным (со знаком минус).

Зная склонение магнитной стрелки в данной точке, можно осуществить переход от магнитного азимута направления к истинному по формуле:

$$A = A_m + \delta \quad (5)$$

т.е. истинный азимут направления равен магнитному азимуту плюс склонение магнитной стрелки со своим знаком.

В различных точках земного шара склонение магнитной стрелки имеет разные значения. Так, на территории СНГ его величина изменяется от +10,2 до -14,5°. Склонение магнитной стрелки в одной и той же точке существенно изменяется со временем. Различают вековые (на 22,5° за 500 лет), годовые (до  $\pm 8'$ ) и суточные (порядка  $\pm 15''$  и более) изменения склонения магнитной стрелки. Кроме того, вследствие магнитных бурь могут возникнуть случайные изменения склонения магнитной стрелки. В районах магнитных аномалий, связанных обычно с залежами железных руд, использование для ориентирования магнитной стрелки вообще невозможно.

Вследствие указанных причин положение магнитного меридиана может быть установлено лишь приближенно, и ориентирование линий с помощью магнитных азимутов допускается только при составлении планов небольших участков местности.

**Связь истинного азимутов линии в различных ее точках. Сближение меридианов.** В геодезии принято различать прямое и обратное направления линий местности. Если направление

линии  $MN$  с точки  $M$  на точку  $N$  (рис. 7,б) считать прямым, то  $NM$  будет обратным направлением той же линии. В соответствии с этим угол  $A_1$  является *прямым* азимутом  $MN$  в точке  $M$ , а  $A_2$  - *обратным* азимутом той же линии в точке  $N$ .

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. Угол между направлениями меридианов в данных двух точках линии называется *сближением меридианов*  $\gamma$ .

Как следует из рис.7, б, зависимость между прямым и обратным азимутами линии  $MN$  определится выражением

$$A_2 = A_1 + 180^\circ + \gamma$$

или в общем случае

$$A_{\text{пр}} = A_{\text{обр}} \pm 180^\circ + \gamma$$

Если известны долготы точек  $M$  и  $N$ , то сближение меридианов

$$\gamma' = \Delta\lambda' \sin \varphi,$$

где  $\Delta\lambda$  - разность долгот меридианов, проходящих через точки  $M$  и  $N$ ;  $\varphi$  - средняя широта ориентируемой линии.

На территории СНГ, особенно в северных широтах, величина сближения меридианов достигает более минуты на 1 км дуги параллели. Поэтому угол  $\gamma$  должен приниматься в расчет в большинстве случаев геодезической практики.

### **Ориентирование линий относительно оси $Ox$ зональной системы плоских прямоугольных координат**

При изображении земной поверхности в проекции Гаусса – Крюгера для ориентирования линий в пределах каждой зоны за исходное принимают осевой меридиан, т.е. ось  $Ox$ . Угол, отсчитываемый по ходу часовой стрелки от северного направления осевого меридиана, т.е. оси  $Ox$ , либо линии, ей параллельной, до данного направления, называется *дирекционным углом*  $\alpha$  (рис.8). Дирекционные углы, как и азимуты линий изменяются от 0 до  $360^\circ$ .

Дирекционный угол направления  $AB$  называется *прямым*, а направления  $BA$  - *обратным*. Из рис.7, а следует, что

$$\alpha_{BA} = \alpha_{AB} + 180^\circ$$

или в общем случае

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

т.е. обратный дирекционный угол направления равен прямому дирекционному углу этого направления плюс (минус)  $180^\circ$ .

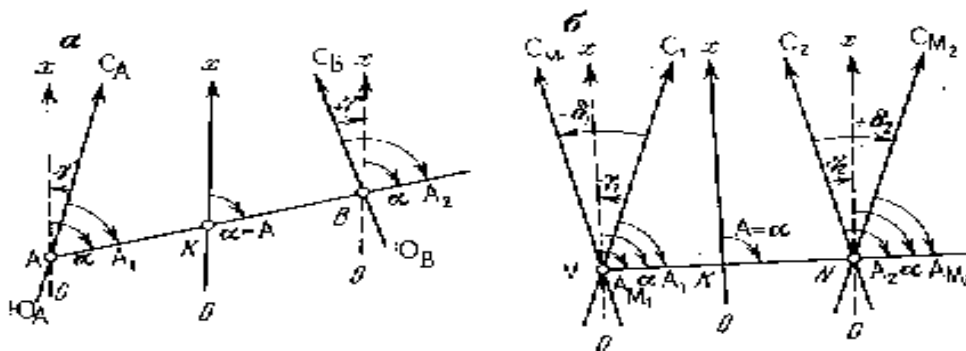


Рис.8. Связь между ориентирными углами; а- связь дирекционного угла с истинными азимутами, б- связь дирекционного угла с истинными и магнитными азимутами, в- связь дирекционных углов двух линий с горизонтальным углом между ними.

Поэтому предпочтительно во всех возможных случаях производства геодезических и маркшейдерских работ ориентирование линий осуществлять с помощью дирекционных углов.

В практики (например, в морском деле) ориентирование линий на местности производится при

помощи румбов.

*Румбом* называется острый угол, отсчитываемый от ближайшего (северного или южного) направления исходного меридиана до данного направления. Румб изменяется от 0 до 90° и сопровождается наименованием четверти относительно стран света (рис.9): I четверть – СВ, II – ЮВ, III – ЮЗ и IV – СЗ. Например,  $r_1 = 42^\circ$  запишется как СВ: 42°.

В геодезии часто используются численными значениями румбов (без указания четвертей), называемыми *табличными углами*.

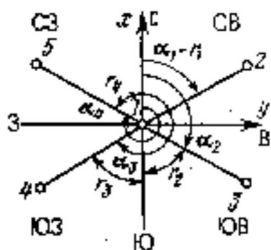


Рис.9. Связь между дирекционными углами и румбами

Соотношения между дирекционными углами (азимутами) и румбами (табличными углами) по четвертям, установленные согласно схеме рис. 13., приведены в табл.1.

Таблица 1

Четверти и их наименования	Значения дирекционных углов (азимуты)	Связь румбов (табличных углов) с дирекционными углами (азимутами)	Знаки приращений координат	
I – СВ	0-90°	$r_1 = \alpha_1$	+	+
II – ЮВ	90-180°	$r_2 = 180^\circ - \alpha_2$	-	+
III – ЮЗ	180- 270°	$r_3 = \alpha_3 - 180^\circ$	-	-
IV - СЗ	270 – 360°	$r_4 = 360^\circ - \alpha_4$	+	-

Замена дирекционных углов табличными позволяет правильно пользоваться таблицами натуральных значений тригонометрических функций, которые составлены для углов в пределах от 0 до 90°.

#### **Ориентирование карты или плана на местности**

Ориентировать карты или план на местности – значит расположить их так, чтобы направления линий на карте или плане стали параллельны направлениям горизонтальных проекций соответствующих линий местности. Ориентирование карт и планов производится или по компасу (буссоли), или по линии местности, изображенной на карте (ось шоссейной, железной дороги, улица поселка и т.п.).

*Ориентирование карты по компасу (буссоли).* По своему устройству буссоль и компас не отличаются друг от друга и представляют собой градуированное кольцо, укрепленное на квадратном или прямоугольном основании. В центре кольца подвешивается на вертикальной оси магнитная стрелка. Ребра *аб* и *вг* основания буссоли параллельны нулевому диаметру *NS*, буссольного кольца.

При ориентировании карты одно из ребер *аб* или *вг* прикладывают к западной или восточной внутренней рамке карты. После этого карту вращают до тех пор, пока северный конец стрелки не установится на отсчете, соответствующем склонению магнитной стрелки. В случае, приведенном на рис.10 а, магнитное склонение восточное и равно 10°.

Ориентирование карты также может быть произведено при помощи вертикальных линий километровой сетки. Для этого ребро буссоли прикладывают к одной из линий километровой сетки и вращают карту до тех пор, пока северный конец магнитной стрелки не окажется на делении соответствующем углу, называемому поправкой направления (ПН), которая равна алгебраической разности склонения магнитной стрелки  $\delta$  и сближения меридианов  $\gamma$ , т.е.  $ПН = \delta - \gamma$ . В случае,

рассмотренном на рис.10,б, склонение магнитной стрелки  $\delta = +10^\circ$ , сближение меридианов  $\gamma = -2^\circ 25'$ , следовательно,  $ПН = \delta - (-\gamma) = 10^\circ + 2^\circ 25' = 12^\circ 25'$ .

**Ориентирование карты по линии местности.** Если известно и на карте и на местности какое-либо направление, то для ориентирования карты наблюдатель становится на местности на данном направлении, например, на шоссейной дороге, приводит карту в горизонтальное положение и совмещает скошенный край визирной линейки с данным направлением. Карту вращают до тех пор, пока скошенный край линейки не совпадает направлением на местности. Если известны две точки, то наблюдатель становится в одной из них,

скошенный край визирной линейки совмещает с известными точками и вращает карту до тех пор, пока направление на карте не совпадает с направлением на местности.

**Связь между ориентирующими углами. Магнитное склонение, сближение меридианов**

**Понятие о сближении меридианов в зональной системе плоских прямоугольных координат.** Дирекционный угол какого-либо направления не может быть измерен непосредственно на местности, однако его можно вычислить, если измерен истинный азимут данного направления.

В пределах зоны направления оси  $Ox$  и истинного меридиана совпадают лишь для точек, находящихся на осевом меридиане (см. рис.7,а); в этом случае дирекционный угол  $\alpha$  линии  $AB$  в точке линии истинный меридиан не совпадает с направлением, параллельным оси  $Ox$ , и поэтому точках истинные азимуты направления не равны дирекционному углу.

Угол  $\gamma$  между северным направлением истинного меридиана и линией, параллельной осевому меридиану (оси  $Ox$ ), есть *сближение этих меридианов*. Сближение меридианов отсчитывается от истинного меридиана и может быть восточным (со знаком плюс), если точка расположена в восточной части зоны, и западным (со знаком минус), если точка расположена в западной части зоны.

На основе рис.7, а установим связь дирекционного угла  $a$  с истинными азимутами  $A_1$  и  $A_2$  линии АВ: в точке А  $a = A_1 - (-\gamma')$ ; в точке В  $a = A_2 - (+\gamma'')$ .

Тогда в общем виде можно записать

$$a = A - \gamma \quad (6)$$

т.е. дирекционный угол направления равен истинному азимуту минус сближение меридианов со своим знаком.

**Связь дирекционных углов с истинным и магнитным азимутами.** Пусть  $Ox$  (рис.7,б)- направление осевого меридиана зоны, в пределах которой располагаются точки  $M$  и  $N$  направления  $MN$ . Проведем через точки  $M$  и  $N$  направления истинных и магнитных меридианов и введем соответствующие обозначения ориентирных углов, сближений меридианов и склонений магнитной стрелки (см.рис.7, б). Тогда с учетом знаков склонения магнитной стрелки и сближения меридианов в соответствующих точках связь дирекционного угла с истинным и магнитным азимутами направления  $MN$  определяется выражениями:

в точке  $M$

$$\alpha = A_{M1} - \delta_1 + \gamma_1 = A_{M1} + (-\delta_1) - (-\gamma_1),$$

в точке  $N$

$$\alpha = A_{M2} + \delta_2 - \gamma_2 = A_{M2} + (+\delta_2) - (+\gamma_2).$$

Обобщая эти выражения, получим

$$\alpha = A_m + \delta - \gamma. \quad (7)$$

Формулу (7) можно записать в виде

$$\alpha = A_m + \Pi,$$

где  $\Pi = \delta - \gamma$  - суммарная поправка за склонение магнитной стрелки и сближение меридианов со своими знаками.

Зная значения одного из ориентирных углов, сближение меридианов и склонение магнитной стрелки, по формулам (5), (6) и (7) можно рассчитать значения других ориентирных углов.

**Связь дирекционных углов двух линий с горизонтальным углом между ними.** Пусть две линии 1-2 и 2-3 образуют между собой угол  $\beta_{пр}$  (рис.7, в), лежащий справа по ходу. Если известны дирекционный угол стороны 1-2 и горизонтальный угол  $\beta_{пр}$ , то можно рассчитать дирекционный угол последующей стороны  $\alpha_{2-3}$ .

Согласно обозначениям рис.12, в

$$\alpha_{2-3} = \alpha_{1-2} + x,$$

где

$$x = 180^\circ - \beta_{пр}$$

Тогда

$$\alpha_{2-3} = \alpha_{1-2} + 180^\circ - \beta_{пр} \quad (8)$$

Если известен горизонтальный угол  $\beta_{\text{л}}$ , лежащий слева по ходу полигона, то дирекционный угол  $\alpha_{2-3}$  определится:

$$\alpha_{2-3} = \alpha_{1-2} + x,$$

где

$$x = \beta_{\text{л}} - 180^\circ$$

отсюда

$$\alpha_{2-3} = \alpha_{1-2} - 180^\circ + \beta_{\text{л}} \quad (9)$$

Полученные для конкретного случая формулы (8) и (9) справедливы для определения дирекционного угла любой последующей стороны. Тогда для общего можно записать:

$$\begin{aligned} \alpha_n &= \alpha_{n-1} + 180^\circ - \beta_{\text{пр}}; \\ \alpha_n &= \alpha_{n-1} - 180^\circ + \beta_{\text{л}}, \end{aligned} \quad (10)$$

т.е. дирекционный угол последующей стороны равен дирекционному углу предыдущей стороны плюс (или минус)  $180^\circ$  минус правый (или плюс левый) по ходу измеренный горизонтальный угол.

На основе (8) – (9) может быть решена обратная задача – определение горизонтального угла (правого или левого по ходу) между двумя сторонами с известными дирекционными углами.

#### ***Условные знаки топографических карт и планов***

Участок суши со всеми находящимися на ней не перемещающимися предметами называется местностью, которая состоит из двух основных элементов – местных предметов и рельефа. Совокупность контуров местных предметов принято называть ситуацией, для изображения последней на картах и планах используются условные знаки, которые не только обозначают различные предметы, но также показывают их качественные и количественные характеристики.

Местные предметы отличаются большим разнообразием и по своему характеру и назначению разделяются на группы: геодезические пункты, промышленные, сельскохозяйственные и социально-культурные объекты, шоссе и грунтовые дороги, гидрография, объекты гидротехнические и водного транспорта, объекты водоснабжения, мосты и переправы, рельеф, растительность, сельскохозяйственные угодья, почвенно-растительный покров, воды, рельеф и прочие предметы местности. Число условных знаков, применяемых в нашей стране, довольно велико только для карт и планов масштаба 1:1000 их свыше 400.

Различают следующие виды условных знаков.

*Линейные картографические условные знаки* (линейные знаки), применяемые для изображения объектов линейного характера, длина которых выражается в масштабе карты, а ширина большей частью изображается увеличенно. К ним, например, относятся автомобильные дороги и другие вытянутые объекты.

*Площадные картографические условные знаки* (площадные знаки), применяемые для заполнения площадей объектов, выражающихся в масштабе карты. К ним относятся условные знаки лесов, сельскохозяйственных угодий и т.п.

*Внемасштабные картографические условные знаки* (внемасштабные знаки) применяются для изображения объектов, которые по своим размерам не выражаются в масштабе данного плана (карты), например, столбы связи, колодцы и т.п.

Для полной характеристики изображаемых объектов используются *пояснительные подписи на карте*. Полностью подписываются наименования населенных пунктов, рек, озер, гор и т.п. Сокращенные подписи используются для дополнительной характеристики объектов. Например, рядом с заводом подпись кирп. – кирпичный завод. Цифровые обозначения применяются для количественной характеристики объектов. Так, подпись у моста обозначает высоту моста над водой, его ширину и грузоподъемность.

#### ***Формы рельефа земной поверхности и его изображение на топографических картах и планах***

В зависимости от характера рельефа местность делят на: горную, холмистую и равнинную. Все это разнообразие рельефа местности можно свести к следующим типовым его (рис.11) формам.

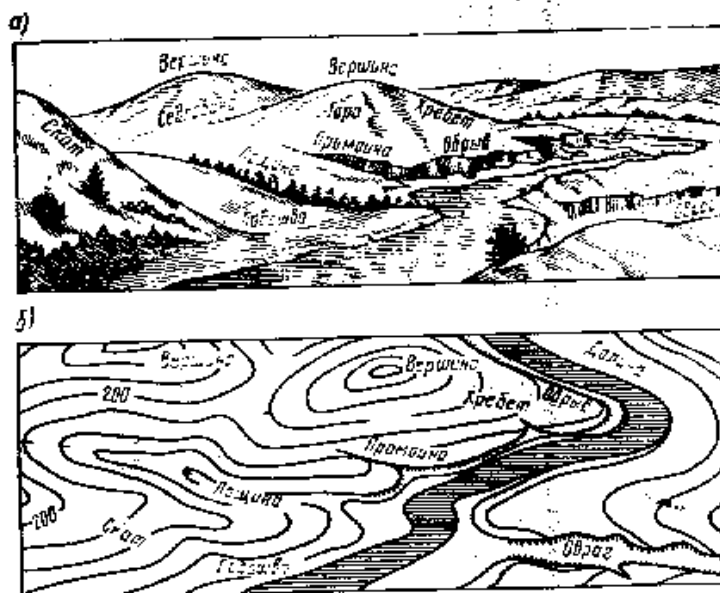


Рис. 11 Формы рельефа местности:  
а- основные формы рельефа; б- изображение горизонталями.

*Гора* - куполообразная или коническая возвышенность земной поверхности. В ней выделяют вершину, представляющую собой самую высокую часть; скаты или склоны, которые расходятся от вершины во все стороны; основание возвышенности, называемое подошвой. Небольшая гора называется холмом или сопкой, а искусственный холм – курганом.

*Котловина* – чашеобразное замкнутое со всех сторон углубление, в ней различают: дно – самую низкую часть; щеки – боковые покатости и окраину – то место, где котловина переходит в окружающую равнину.

*Хребет* – возвышенность вытянутая в одном направлении и образованная двумя противоположными скатами. Линия встречи скатов называется осью хребта, водоразделом или водораздельной линией. Наиболее низкие места водоразделов называются перевалами.

*Лощина* - вытянутое в одном направлении желобообразное углубление с наклоном в одну сторону. Склоны лощины пересекаются по линии, называемой осью лощины или водосливной линией. Широкая лощина с пологим дном называется долиной, а узкая с крутыми склонами – балкой; в горной местности узкая лощина называется ущельем.

*Седловина* – понижение между двумя соседними горными вершинами или возвышенностями.

Для изображения рельефа местности пользуются различными способами: перспективным изображением, штриховкой, отмывкой, горизонталями.

На крупномасштабных планах и картах, служащих для нужд строительства, рельеф изображается горизонталями.

### ***Высота сечения рельефа, заложение, уклон линии***

Разность высот двух соседних горизонталей называется *высотой сечения рельефа*.

Расстояние между двумя смежными горизонталями на плоскости называется *заложением*.

Горизонтали обладают следующими свойствами: а) все точки, лежащие на одной и той же горизонтали, имеют одинаковую высоту; б) все горизонтали должны быть непрерывными; в) горизонтали не могут пересекаться или раздваиваться; г) расстояния между горизонталями в плане характеризуют крутизну ската – чем меньше расстояние (заложение), тем круче скат; д) кратчайшее расстояние между горизонталями соответствует направлению наибольшей крутизны ската; е) водораздельные линии и оси лощин пересекаются горизонталями под прямыми углами; ж) горизонтали, изображающие наклонную плоскость, имеют вид параллельных прямых.

Часто для уточнения форм рельефа применяют дополнительные горизонтали, которые изображаются штрихпунктирными линиями и называются *полугоризонталями*. Обычно

полугоризонтالي принято проводить в тех случаях, когда расстояние между горизонталями на плане превышает 2см. На рис.23,б показано изображение горизонталями отдельных элементов местности.

### **Решение инженерных задач по картам**

#### ***Определение координат, расстояний и углов на планах и картах***

##### *Географическая и километровая сетки карт. Зарамочное оформление*

Лист карты представляет собой трапецию, ограниченную на севере и юге отрезками параллелей, на западе и востоке – отрезками меридианов, называемых внутренней рамкой карты или рамкой карты. Важной характеристикой топографических карт является их координатная сетка, позволяющая определять координаты точек, находящихся на карте, и наносить на карту точки. На картах масштаба 1:1000000 и 1:500000 обычно наносится только сетка географических координат, на картах масштаба 1:200000 и крупнее наносится сетки географических и прямоугольных координат.

Сетка географических координат строится за внутренней рамкой и представляет собой две параллельные линии, разделенные по долготе и широте на минутные интервалы, отмечаемые черными и белыми шашками (рис. 12), которые разделены точками на интервалы по десять секунд.

У каждого угла рамками карты записываются соответствующие значения долготы и широты, на рис.12 географические координаты юго-западного угла:  $54^{\circ}40'$  - северная широта,  $18^{\circ}00'$  – восточная долгота. Таким образом, на боковых сторонах рамки нанесены деления по широте, на северной и южной - по долготе. Если соединить однозначные деления минут или секунд долготы, то получим направление географического меридиана, имеющего данную долготу, или параллель, имеющую данную широту.

Для определения географических координат некоторой точки проведем через нее истинный меридиан и определим его долготу. Для этого достаточно отсчитать количество минут и секунд, заключенных между западной стороной рамки и данным меридианом. Полученная величина прибавляется к долготе западной рамки. Например, долгота точки  $M$  (см. рис.12)  $\lambda_M = 18^{\circ}00' + 1'14'' = 18^{\circ}01'14''$ .

Широта точки  $M$  определяется при помощи построения параллели, проходящей через точку  $M$ . Согласно рис.12, широта точки  $\varphi_M = 54^{\circ}40' + 1'13'' = 54^{\circ}41'13''$ .

Аналогичным образом поступают при нанесении на карты точек по их географическим координатам.

Сетка прямоугольных координат состоит из прямых линий, параллельных осевому меридиану зоны и экватору. В масштабах 1:50000, 1:25000, 1:10000 координатные линии проводятся через 1 км, в масштабе 1:100000 через 2 км и в масштабе 1:200000 через 10 км. Сетку прямоугольных координат принято называть *километровой сеткой*.

Линии километровой сетки подписываются на карте в промежутках между внутренней рамкой и градусной сеткой. Полное число километров по оси  $x$  подписывается только на крайних – южной и северной линиях километровой сетки, у промежуточных линий – только десятка и километры.

Вертикальные линии километровой сетки подписываются в условных ординатах, причем крайне – восточная и западная – подписываются четырьмя цифрами, первая обозначает номер зоны, остальные - условную ординату. Например, число 4307, написанное у западной линии километровой сетки (см. рис. 12), указывает на то, что лист расположен в четвертой зоне, а сама линиям отстоит от осевого меридиана на  $307-500 = -193$  км, т.е. западнее осевого меридиана. У всех промежуточных вертикальных линий координатной сетки подписываются только последние две цифры, обозначающие десятки километров и километры.

При помощи километровой сетки можно определить координаты точек, расположенных на карте, или нанести на карту точки по их известным координатам. Для определения прямоугольных координат, например, точки  $N$  (см. рис. 12), записывают абсциссу нижней километровой линии и ординату западной километровой линии квадрата, в котором находится точка  $N$ . Пользуясь линейным масштабом карты, измеряют расстояние от точки  $N$  до названных выше линий координатной сетки  $Nm$   $Nn$  и определяют, чему соответствуют эти отрезки в масштабе карты; последние величины соответственно складывают с величинами абсциссы и ординаты линий координатной сетки. В нашем случае отрезок  $Nm = 240$ м, отрезок  $Nn = 540$ м. Следовательно, прямоугольные координаты точки  $N$  равны  $x_N = 6065\ 000 + 570\text{м} = 6\ 065\ 570\text{м}$ ,  $y_N = 4\ 307\ 000 + 240\text{м} = 4\ 307\ 240\text{м}$ .

На топографических картах за градусной сеткой наносится оформительская рамка – линия толщиной 1мм.

Подписи и графики, выполненные за пределами оформительской рамки, называются *зарамочным оформлением*.

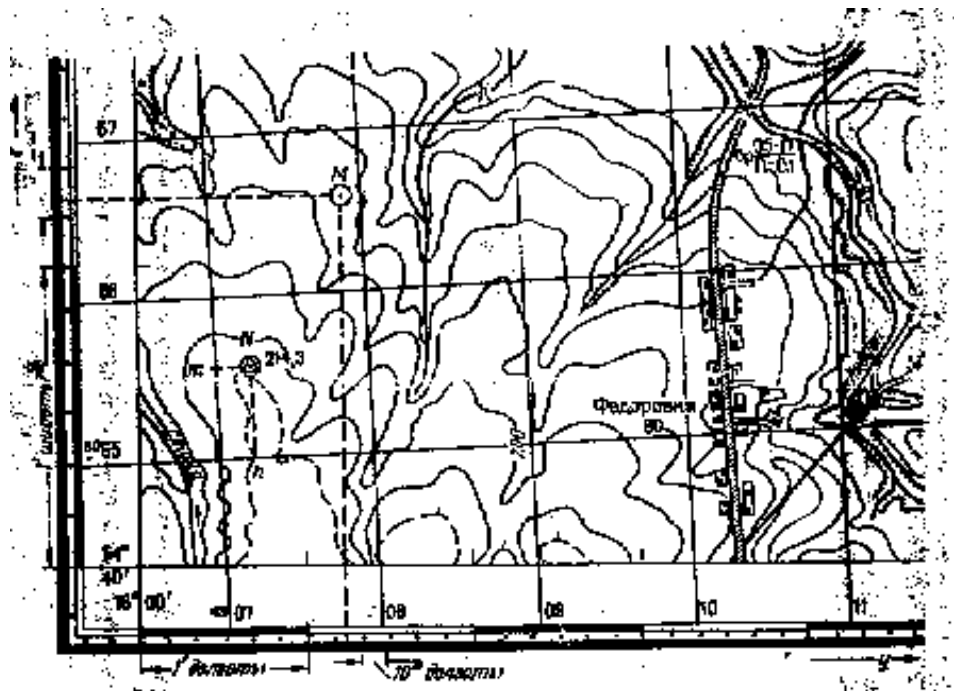


Рис.12

Над северной рамкой в середине листа указывается номенклатура листа карты и в скобках – название наиболее крупного населенного пункта, расположенного на данной карте; под номенклатурой – год издания карты. Ниже южной рамки, в середине подписывается численный масштаб, именованный масштаб и вычерчивается линейный масштаб для принятого численного масштаба. Справа от линейного масштаба помещается график заложений, слева – график взаимного расположения магнитного и истинного меридианов и оси  $x$  (осевого меридиана), на котором показаны величины магнитного склонения и сближения меридианов. Ниже линейного масштаба отмечается высота сечения горизонталей и принятая для листа карты система высот.

В правом нижнем углу помещаются данные об организации, составившей карту, и о годе составления карты.

**Определение координат точки.** Пусть точка  $A$  (рис.13,а) находится в квадрате, абсциссы и ординаты вершин которого  $x_1, x_2$ , и  $y_1, y_2$ . Проведя через точку  $A$  прямые, параллельные осям координат, и измерив с помощью измерителя и масштабной линейки расстояния  $a, a_1$  и  $b, b_1$ , получим:

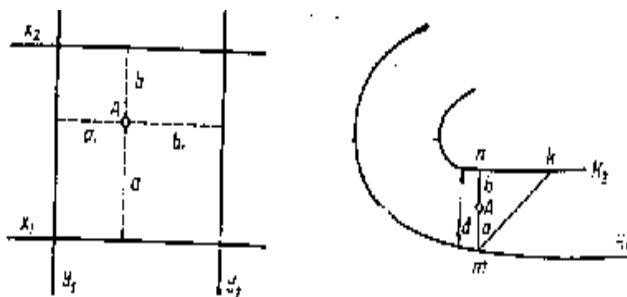


Рис.13 а- к определению координат точки  
б- к определению отметки точки

$$x_A = x_1 + \frac{a}{a+b} (x_2 - x_1) = x_2 - \frac{b}{a+b} (x_2 - x_1) \quad (19)$$



$$y_A = y_1 + \frac{\Delta y}{a_1 + b_1} a_1 = y_1 - \frac{\Delta y}{a_1 + b_2} b_1 \quad (20)$$

где  $\Delta x = x_2 - x_1$ ,  $\Delta y = y_2 - y_1$

**Определение горизонтальных расстояний.** Пусть даны на карте (плане) точки А и В, расстояние между которыми неизвестно. Зная масштаб карты (плана), расстояние АВ можно определить измерителем и масштабной линейкой. Более точно расстояние АВ определяют путем решения обратной задачи на координаты. Для этого вначале по формулам (19), (20) и (14) определяют координаты точек А и В и дирекционный угол направления АВ, а затем по формуле (15) вычисляют горизонтальное расстояние АВ.

**Способ горизонталей. Построение горизонталей по отметкам точек**

Горизонталью называется замкнутая кривая линия, все точки которой имеют одну и ту же высоту над поверхностью, принятой за начальную.

Пусть некоторая возвышенность постепенно заливается водой (рис.14). Представим, что в начальный момент вода находилась на уровне точек А. Проектируя эту береговую линию на плоскость Р, получим замкнутую кривую АА.

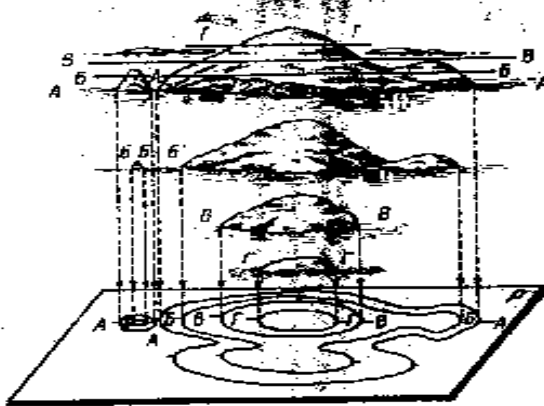


Рис.14

Допустим теперь, что уровень воды поднялся на 1м и образовал береговую линию в точках Б. Спроектировав ее на ту же плоскость Р, получим вторую замкнутую кривую линию ББ. Продолжая подъем воды в такой же последовательности выше, на плоскости Р получим изображение возвышенности с помощью горизонталей.

Для большей наглядности направление понижения скатов показывается черточками, называемыми *бергштрихами*. Для указания высот горизонталей их отметки подписывают в разрывах горизонталей, располагая верх цифр по направлению верха ската. Для большей выразительности рельефа, как правило, пятая, а иногда десятая горизонталь утолщаются.

**Построение горизонталей по отметкам точек**

В процессе топографической съемки на планшете получают плановое положение характерных точек рельефа местности с их отметками. На основании отметок этих точек изображается рельеф местности в горизонталях. Для этого, руководствуясь масштабами составляемого плана или карты и характером снимаемой местности, в соответствии с требованиями инструкции выбирают высоту сечения рельефа. Точки, лежащие на одном скате, соединяют прямыми линиями. Затем на каждой линии находят точки, отметки которых кратны высоте сечения рельефа; это действие называется *интерполированием горизонталей*.

Интерполирование горизонталей может выполняться «на глаз» либо графически. *Интерполирование «на глаз»* допускается производить в процессе съемки при наличии у исполнителя соответствующих профессиональных навыков. Сущность *графического интерполирования* состоит в следующем.

Пусть на линии 1-2 (рис. 15,а), отметки точек которой 1 и 2 равны, соответственно 48,7м и 51,2м, требуется найти положение точек с отметками, кратными выбранной высоте сечения рельефа  $h=1$ , т.е. 49, 50 и 51м.

На листе миллиметровой бумаги через одинаковое расстояние (например, 0,5 или 1,0см) проводят ряд параллельных линий, которые оцифровываются согласно отметкам точек и принятому сечению рельефа.

Положив лист миллиметровки к линии 1-2, сносят точки 1 и 2 согласно их отметкам на миллиметровку. Соединив полученные точки 1 и 2 прямой линией, получим профиль по линии 1-2.

Отмечают точки пересечения линии 1'-2' профиля с оцифрованными линиями миллиметровки (точки а, б, с). Спроектировав эти точки на линию 1-2, получают положение точек, через которые должны проходить горизонтали с отметками 49, 50 и 51 см.

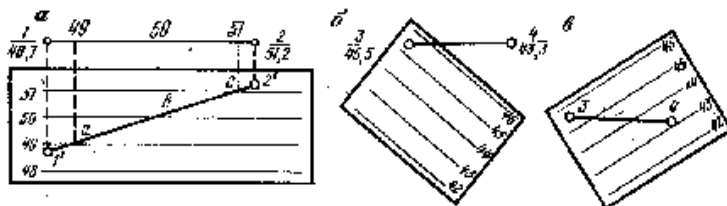


Рис. 22. Графическое интерполирование горизонталей.

Рис. 15

В практике вместо миллиметровки для графического интерполирования часто используют *палетку* – восковку (кальку) с рядом параллельных линий, проведенных через равные промежутки (например, через 0,5 см). Линии оцифровывают согласно выбранной высоте сечения рельефа и отметкам точек плана, между которыми производится интерполирование. Накладывают палетку, например, на линию 3-4 (рис. 15, б) так, чтобы точка 3 оказалась на соответствующей отметке палетки. Затем, прижав палетку в точке 3 иглой, вращают палетку вокруг этой точки до тех пор, пока точка 4 не окажется на соответствующей отметке палетки (рис. 15, б). Точки пересечения линии 3-4 линиями палетки перекальвают на план и у каждой из точек подписывают соответствующую отметку. Аналогично производят интерполирование всех других линий. Затем точки на плане с одинаковыми отметками соединяют плавными кривыми линиями и получают изображение рельефа горизонталями.

#### Решение задач по топографическим картам и планам с горизонталями

**Определение отметки точки.** Если точка лежит на горизонтали, то ее отметка равна отметке этой же горизонтали.

Пусть точка А (рис. 16, б) лежит между горизонталями с отметками  $H_1 < H_2$ , причем  $H_1 < H_2$ . Проведя через точку А кратчайшую линию между горизонталями и измерив с помощью измерителя и масштабной линейки расстояния  $d$ ,  $a$  и  $b$ , получим:

$$H_A = H_1 + ha/d = H_2 - hb/d \quad (21)$$

где  $h$  – высота сечения рельефа горизонталями.

**Определение направления и крутизны ската.** Построим линии  $mn$  и  $mR$ , проведя их между горизонталями с отметками  $H_1$  и  $H_2$ . Длина линии  $mn$  меньше  $mR$ , а вертикальное расстояние между горизонталями (высота сечения рельефа) одно и то же. Следовательно, линия, соответствующая заложению  $mn$ , круче линии, соответствующей заложению  $mR$ . Отсюда можно сделать вывод, что самому короткому расстоянию между двумя соседними горизонталями соответствует самая крутая линия на местности. Направление этой линии принимается за направление ската, а уклон этой линии служит мерой его крутизны.

**Определение уклона линии.** Пусть имеются две точки А и В горизонтальное расстояние между которыми равно  $d$ , а равны  $H_A$  и  $H_B$ . Тогда согласно формуле (17) уклон линии АВ будет

$$i_{AB} = (H_B - H_A)/d \quad (22)$$

а уклон линии ВА

$$i_{BA} = (H_A - H_B)/d \quad (23)$$

Абсолютные значения  $i_{AB}$  и  $i_{BA}$  равны, но противоположны по знаку.

**Построение профиля местности по заданному направлению.** При проектировании инженерных сооружений, а также для определения видимости между точками местности необходимо построение профиля местности по заданному направлению (рис. 16).

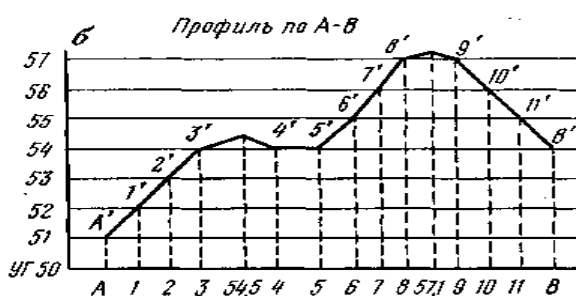
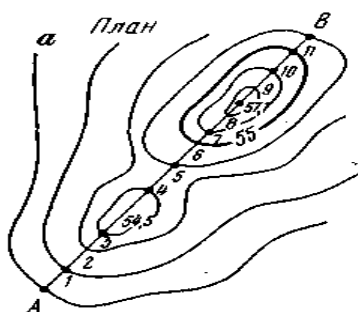


Рис.16

Для построения профиля по линии АВ на листе бумаги проводят горизонтальную линию и на ней в масштабе плана последовательно откладывают отрезки А-1, 1-2; 2-3, 3-отм. 54,5 и т.д.

Выбирают условный горизонт таким образом, чтобы его линия не пересекалась с линией профиля (например, УГ=50м). В каждой из полученных точек восставляют перпендикуляры и на них в принятом вертикальном масштабе откладывают профильные отметки, равные разности абсолютных отметок точек и условного горизонта, т.е.  $H_{\text{проф.}} = H_{\text{абс.}} - \text{УГ}$ . Соединив полученные точки А', 1', 2' и т.д. плавной кривой, получают профиль местности по линии АВ. Для большей наглядности вертикальный масштаб профиля обычно принимается в 10 раз крупнее горизонтального масштаба, т.е. масштаба плана.

### **Контрольные вопросы**

- 1) Как выполняется ориентирование линий местности?
- 2) Что называется азимутом?
- 3) Что мы называем дирекционным углом, румбом?
- 4) Как ориентируется карта или план на местности
- 5) Как ориентируется карта по компасу?