

Рис. 1.13. Принцип изображения хребта горизонталями

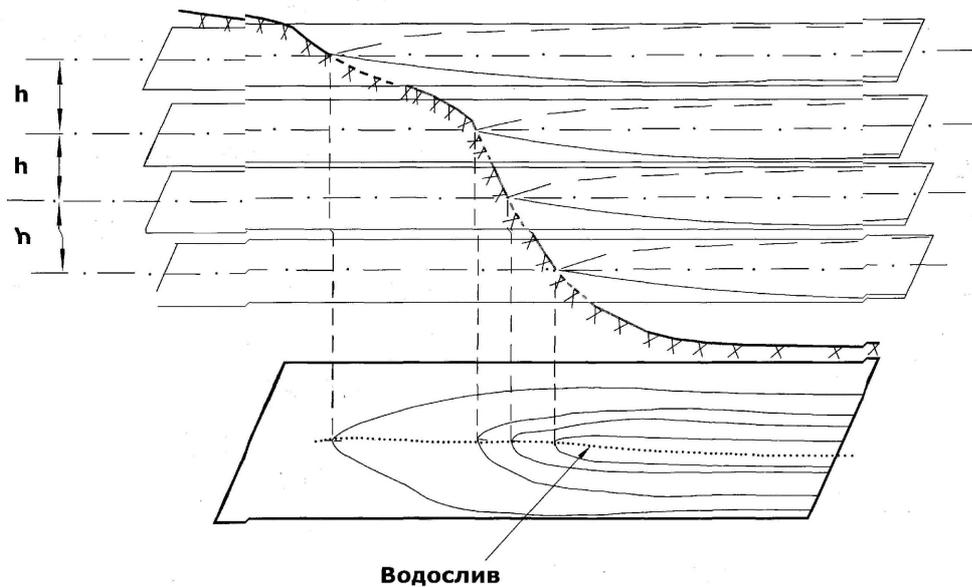


Рис. 1.14. Принцип изображения лощины горизонталями

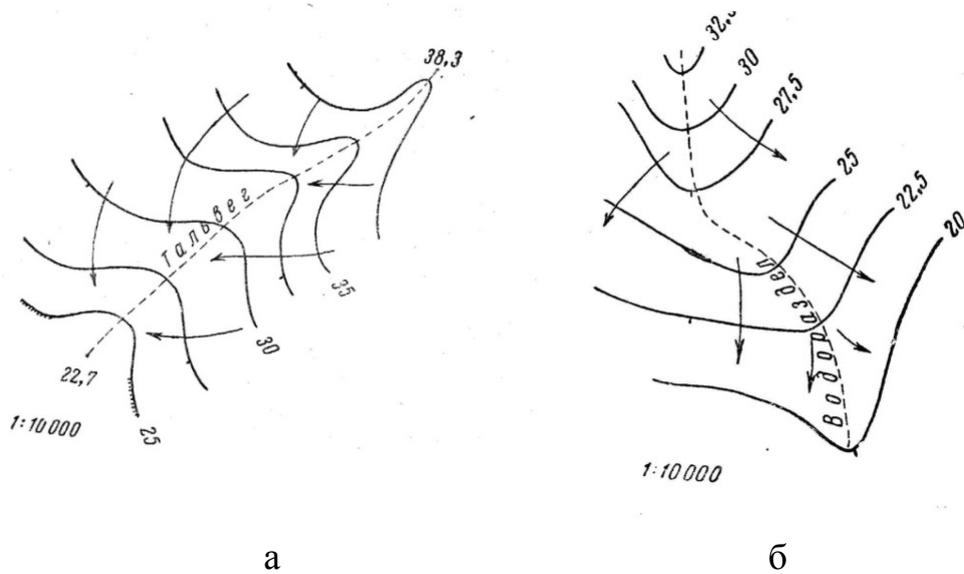


Рис. 1.15. Изображение рельефа горизонталями на карте
а – лощина, б – хребет

• **Седловина** (рис. 1.16) – пониженная часть местности между двумя соседними возвышенностями с расходящимися в противоположные стороны лощинами, имеет обычно вид седла. Седловина изображается горизонталями, обращёнными выпуклостями друг к другу.

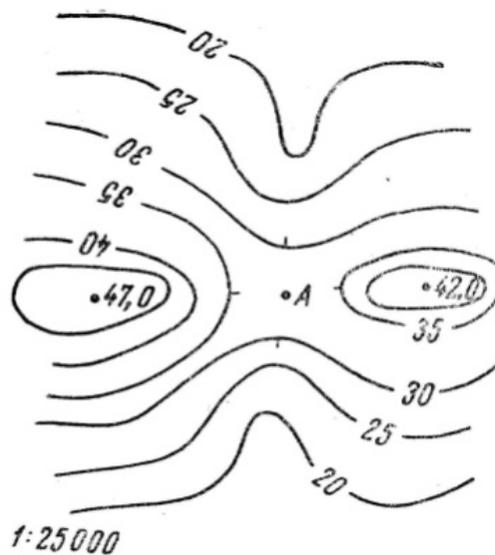


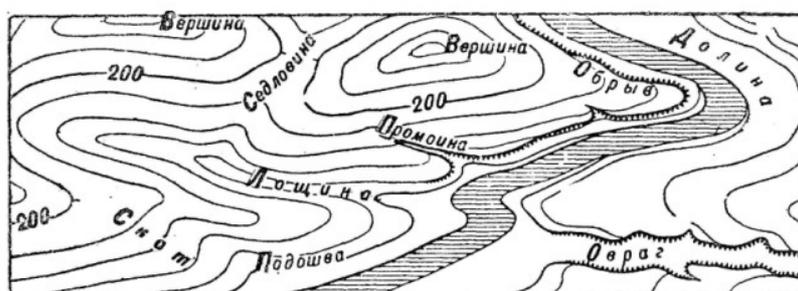
Рис. 1.16. Изображение седловины горизонталями на карте

Характерные точки рельефа: вершина горы, дно котловины, самая низкая точка седловины, перегиб ската (рис. 1.17).

Характерные линии рельефа: водораздел, **ВОДОСЛИВ**.



Перспективное изображение рельефа



Плановое изображение рельефа

Рис. 1.17. Перспективное и плановое изображение рельефа

Свойства горизонталей

- Точки, лежащие на одной горизонтали, имеют одинаковую абсолютную высоту.
- Горизонтали – непрерывные замкнутые линии, но могут выходить за рамку данного плана или карты и замыкаться за их пределами (исключение – овраг).
- Горизонтали не могут пересекаться и разветвляться. Исключение может составлять случай, когда горизонталями изображается нависший утес. Поэтому для изображения на картах скал (в том числе и нависших утесов) установлен специальный условный знак.
- Чем меньше заложение горизонталей d , тем круче скат.
- Всё, что относится к рельефу (горизонтали, цифры, подписи, бергштрихи) изображается коричневым цветом.
- Линии водораздела и водослива пересекаются горизонталями под прямым углом.

7. Проведение горизонталей по отметкам точек

По результатам вертикальной съёмки вычисляют абсолютные отметки характерных точек рельефа. При съёмке рельефа характерные точки выбирают там, где уклон ската меняет величину или направление.

После нанесения характерных точек с известными отметками на лист бумаги отыскание местоположения точек, принадлежащих определенной горизонтали, проводят *графическим* или *аналитическим интерполированием*.

Пусть требуется выполнить графическое интерполирование между точкой 29 с абсолютной высотой 108,08 м и точкой 1 с высотой 105,85 м. Высота сечения рельефа задана 1 м. Графическое интерполирование с помощью палетки проводят следующим образом (рис. 1.18):

- Оцифровывают линии палетки¹ в соответствии с высотой сечения рельефа и в соответствии с абсолютными отметками двух точек, для которых проводят интерполирование.

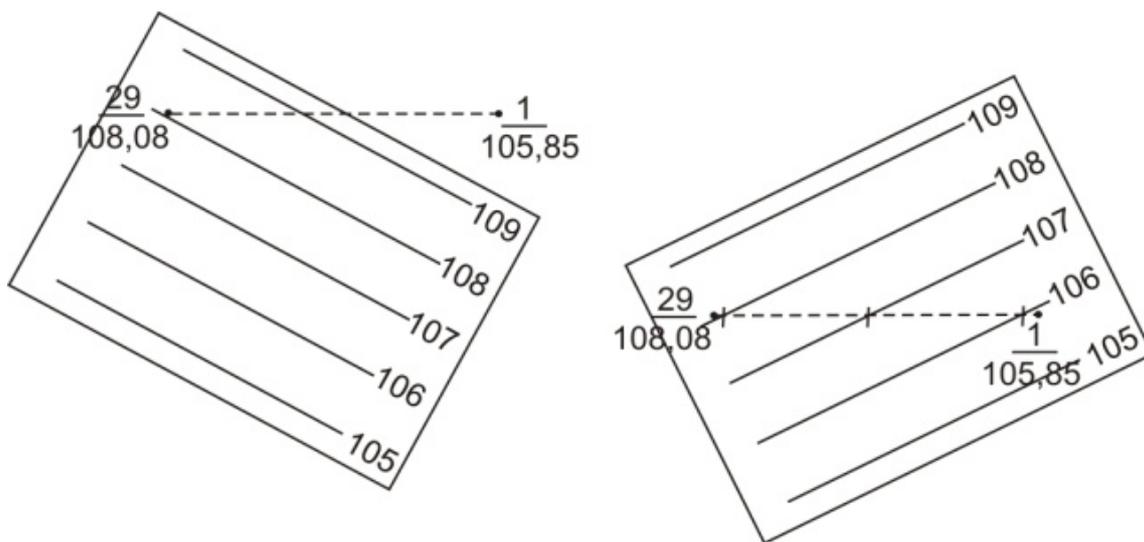


Рис. 1.18. Графическое интерполирование между точками 29 и 1

- Накладывают палетку на план. Совмещают первую точку № 29 с линией на палетке, соответствующей абсолютной высоте точки.
- Накальывают точку иголкой, сколов вместе палетку и план (карту).

¹ Палетка – на прямоугольном кусочке кальки размером 10 x 15 см нанесён ряд параллельных линий через 1 или 0,5 см

- Поворачивают палетку до совпадения второй точки (на рис. 1.18 точки 1), обозначенной на карте, с абсолютной высотой этой точки на палетке.

- Соединяют точки на палетке линией.

- Накальывают места пересечения линии между точками и линий абсолютных высот палетки.

- Подписывают горизонтали на плане.

Горизонтали получают, соединяя между собой плавными кривыми линиями одинаковые по высоте точки, положение которых найдено интерполированием.

Аналитическая интерполяция проводится следующим образом. Пусть отметки точки А и В соответственно 161,3 и 175,8 м. Высота сечения рельефа 5 м. При этой высоте сечения рельефа между точками А и В пройдут горизонтали с отметками 165, 170 и 175 м. Определим положение точки с высотой 165 м.

Расстояние между точками А и В на карте 26 мм.

Разность высот $H_B - H_A = 175,8 - 161,3 = 14,5$ м.

Разность высот горизонтали с отметкой 165 и точки А рассчитаем $165 - 161,3 = 3,7$ мм.

На разность высот между точками А и В (14,5 м) приходится расстояние на плоскости в 26 мм.

На разность высот 3,7 м придётся расстояние x мм

Отсюда $x = \frac{3,7}{14,5} \cdot 26 = 6,7$ мм .

9. Задания для самостоятельного выполнения

- Определите численный масштаб карты, если известна длина линии на карте (24,32 см) и на местности (486,4 м).

- Напишите именованный масштаб, соответствующий численному: 1:1000, 1:50000.

- На плане М 1:2000 отобразите здание, длина которого на местности составляет 15,6 м. Определить длину здания на плане в мм.

- Определите предельную и графическую точность масштаба 1:10000.

- Проведите графическое (аналитическое) интерполирование на участке карты (рис. 1.19). Горизонтали проведите через 10 м.

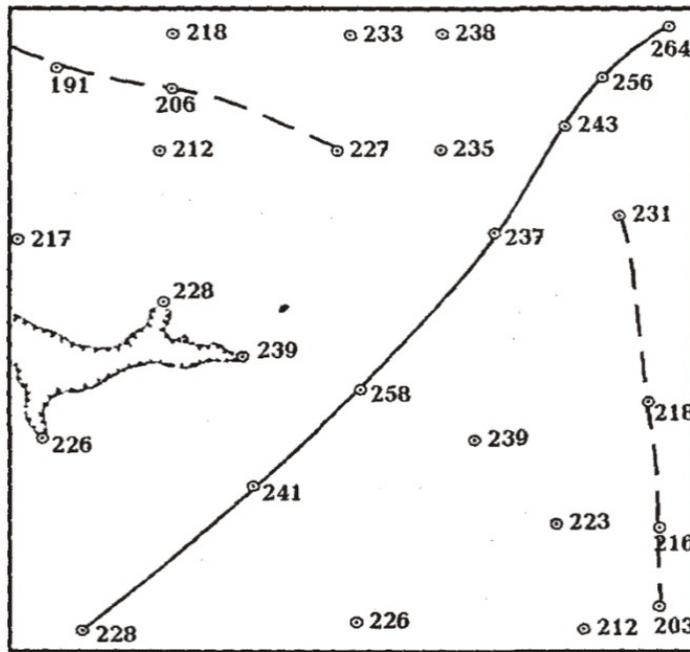


Рис. 1.19. Участок тахеометрической съёмки

- Проведите графическое (аналитическое) интерполирование на участке карты (рис. 1.20). Горизонталы проведите через 1 м.

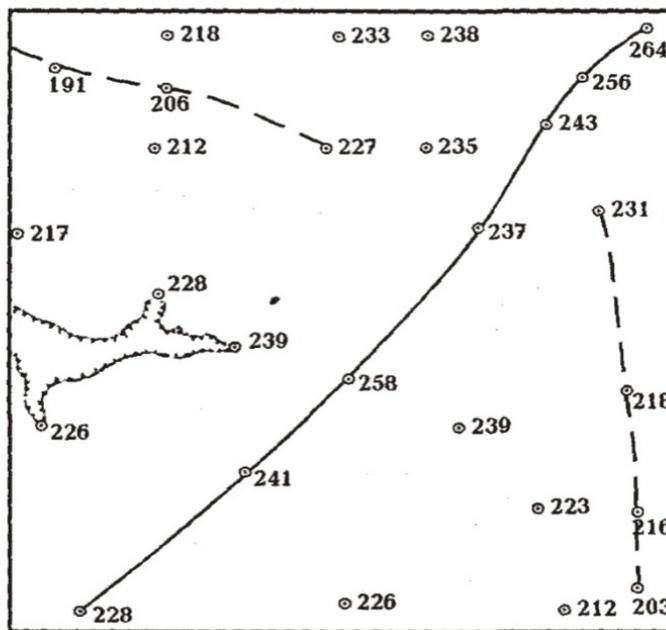


Рис. 1.20. Участок тахеометрической съёмки

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

Тема: Решение задач по топографической карте

План:

1. Измерение расстояний
2. Определение географических и прямоугольных координат
3. Ориентирование линий
4. Определение абсолютных высот точек
5. Определение крутизны ската
6. Построение профиля местности
7. Построение линии заданного уклона
8. Определение границы водосборной площади
9. Определение объёмов земляных тел
10. Задания для самостоятельного выполнения

1. Измерение расстояний

Измерить отрезок на карте или плане возможно с помощью:

- линейки и численного масштаба;
- циркуля-измерителя и линейного масштаба;
- циркуля-измерителя и поперечного масштаба.

Измерим отрезок по учебной карте масштаба 1:10000 разными способами и сравним результаты.

Например, измеряя отрезок линейкой по учебной карте, получим 98 мм, что в масштабе карты составит 980 м (для М 1:10000 в 1 см 100 м). Линейкой можно измерить отрезок с точностью на глаз 0,5 мм – половины наименьшего деления линейки.

Измерение отрезков с помощью линейного масштаба (рис. 1.7) проводят в следующем порядке:

- возьмите в раствор циркуля-измерителя отрезок, который необходимо измерить;
- приложите раствор циркуля к основанию линейного масштаба, при этом его правую ножку совместите с одним из штрихов основания так, чтобы левая ножка поместилась на основании влево от нуля (на дробном основании);
- посчитайте количество целых и десятых долей основания масштаба (о.м.), например:

$$1 \text{ о.м.} \cdot 4 + 0,1 \text{ о.м.} \cdot 8 + 0,01 \text{ о.м.} \cdot 5 = 970 \text{ м .}$$

Запись ведём в следующем виде:

$$\begin{array}{l|l} \text{в } 1 \text{ о. м.} - 200 \text{ м} & \cdot 4 = 800 \text{ м;} \\ \text{в } 0,1 \text{ о. м.} - 20 \text{ м} & \cdot 8 = 160 \text{ м;} \\ \text{в } 0,01 \text{ о. м.} - 2 \text{ м} & \cdot 7 = 14 \text{ м;} \\ \text{в } 0,001 \text{ о. м.} - 0,2 \text{ м} & \cdot 1 = \underline{0,2 \text{ м};} \\ & 974,2 \text{ м.} \end{array}$$

При сравнении результатов измерений одного и того же отрезка с помощью линейки, линейного и поперечного масштабов видно, что работа с поперечным масштабом позволяет более точно (до сотых долей основания масштаба точно и до тысячных долей основания масштаба на глаз) провести линейные измерения.

Пример 2.1. Измерьте с помощью поперечного масштаба отрезок в масштабе 1:500 и 1:2000.

Решение

1. Проведите оцифровку масштаба 1:500, измерьте и вычислите длину отрезка:

$$\begin{array}{l|l} \text{в } 1 \text{ о. м.} - 10 \text{ м} & \cdot 3 = 30 \text{ м;} \\ \text{в } 0,1 \text{ о. м.} - 1 \text{ м} & \cdot 5 = 5 \text{ м;} \\ \text{в } 0,01 \text{ о. м.} - 0,1 \text{ м} & \cdot 1 = 0,1 \text{ м;} \\ \text{в } 0,001 \text{ о. м.} - 0,01 \text{ м} & \cdot 3 = \underline{0,03 \text{ м};} \\ & 35,13 \text{ м.} \end{array}$$

2. Проведите оцифровку масштаба 1:2000 и вычислите длину отрезка:

$$\begin{array}{l|l} \text{в } 1 \text{ о. м.} - 40 \text{ м} & \cdot 3 = 120 \text{ м;} \\ \text{в } 0,1 \text{ о. м.} - 4 \text{ м} & \cdot 5 = 20 \text{ м;} \\ \text{в } 0,01 \text{ о. м.} - 0,4 \text{ м} & \cdot 1 = 0,4 \text{ м;} \\ \text{в } 0,001 \text{ о. м.} - 0,04 \text{ м} & \cdot 3 = \underline{0,12 \text{ м};} \\ & 140,52 \text{ м.} \end{array}$$

Построение отрезков заданной длины с помощью поперечного масштаба. Пусть требуется отложить на карте масштаба 1:5000 отрезок, длина которого составляет 173,3 м. Последовательность операций:

- Сделайте роспись в соответствии с масштабом карты (1:5000):

в 1 о. м. – 100 м ;

в 0,1 о. м. – 10 м ;

в 0,01 о. м. – 1 м ;

в 0,001 о. м. – 0,1 м .

- Высчитайте количество целых, десятых, сотых и тысячных долей основания масштаба:

в 1 о. м. – 100 м	· 1 = 100 м;
в 0,1 о. м. – 10 м	· 7 = 70 м;
в 0,01 о. м. – 1 м	· 3 = 3 м;
в 0,001 о. м. – 0,1 м	· 3 = 0,3 м;
	<u>173,3 м.</u>

- Наберите на циркуле-измерителе с помощью поперечного масштаба высчитанное количество целых, десятых, сотых и тысячных долей основания масштаба. В данном случае возьмите в раствор измерителя: одно целое основание масштаба, 7 десятых, 3 сотых оснований масштаба. Тысячные доли возьмите на глаз, разделив вертикальный отрезок на 10 частей и подняв ножки циркуля вверх на 3 части (рис. 2.2).

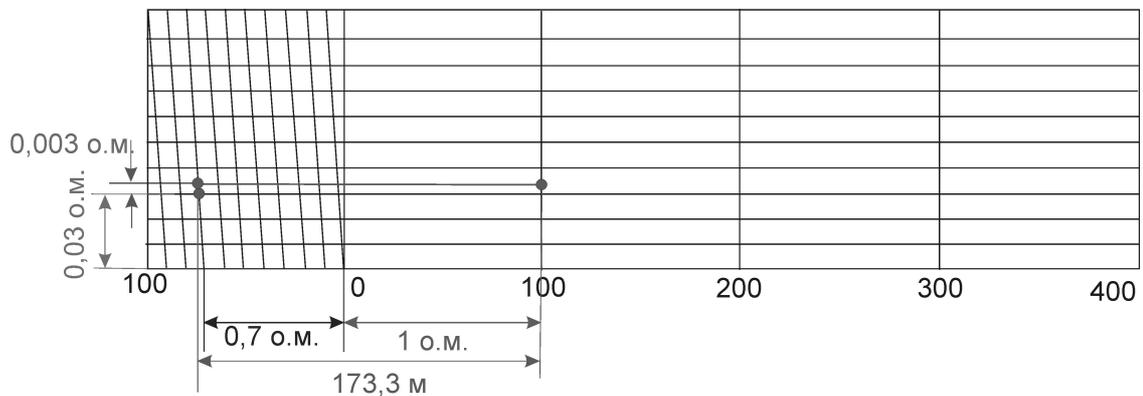


Рис. 2.2. Построение отрезка заданной длины (173,3 м) с помощью поперечного масштаба²

² Поперечный масштаб нормальный, то есть в одном основании масштаба 2 см, однако сам рисунок уменьшен.

- Оформите отрезок на бумаге – проколите лист бумаги и обведите полученные две точки кружками. Диаметр кружков составляет 1,5 – 2 мм (рис. 2.3).

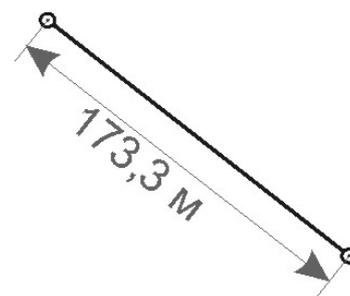


Рис. 2.3. Оформление отрезка заданной длины на бумаге

Измерение кривых линий возможно прибором курвиметром или циркулем-измерителем с постоянным раствором.

Совместив стрелку курвиметра с нулём, ставят курвиметр на карту и прокатывают колёсико прибора по измеряемой линии, снимают отсчёт. Затем всё повторяют в обратном направлении. При измерении курвиметром слабоизвилистых линий относительная погрешность равна 1–2 %. С увеличением извилистости ошибка возрастает.

Более точно измерить длину извилистой линии можно с помощью циркуля-измерителя с постоянным раствором.

Перед применением измерителя с постоянным раствором принимают произвольное расстояние между его ножками (порядка 2–5 мм). Затем определяют величину раствора такого циркуля $d_{рц}$ следующим образом. Откладывают величину раствора вдоль отрезка прямой линии 10–20 раз, измеряют полученную длину $d_{изв}$ в масштабе карты по поперечному масштабу и делят на число отложений:

$$d_{рц} = \frac{d_{изв}}{n}, \quad (3)$$

где n – число перестановок циркуля.

Таким циркулем необходимо прогуляться по измеряемой линии в прямом и обратном направлениях. Если число «шагов» будет различаться не более чем на 1:50 всей длины, найти среднее значение и умножить его на раствор циркуля. Точность измерения повышается с уменьшением раствора циркуля.

2. Определение географических и прямоугольных координат точек

Северная и южная линии **внутренней рамки** листа карты являются параллелями, а западная и восточная – меридианами. В углах внутренней рамки листа указываются их широты и долготы. Например, в левом верхнем углу учебной карты параллель подписана – $54^{\circ}52'30''$, меридиан – $24^{\circ}30'45''$ (рис. 2.4). Внутренняя рамка ограничивает картографическое изображение.



Рис. 2.4. Фрагмент учебной топографической карты с номенклатурой листа У-35-38-А-в-3

На расстоянии 0,6 см от внутренней рамки листа проводится **градусная рамка** (градусная сетка) в виде двойной линии, разделённой по широте и долготе на части, кратные 1'. Минутные интервалы выделяются попеременно чёрным и белым цветом. Минуты разделены с помощью точек на десятисекундные интервалы. Каждая минута содержит шесть интервалов по 10 секунд. Кроме градусной рамки на карте имеется и **внешняя** или **оформительская рамка**, а также **километровая сетка**.

Линии километровой сетки, проведённые с юга на север, параллельны осевому меридиану зоны (оси x) системы координат Гаусса-Крюгера. Линии этой сетки, проведённые с запада на восток, параллельны экватору (оси y). Подписи горизонтальных линий соответствуют расстоянию в километрах от экватора, а вертикальных – их преобразованным ординатам (первая цифра обозначает номер зоны, а последующие – истинную ординату точки плюс 500 км).

Абсциссы X , началом отсчета которых принимается линия экватора, подписаны у горизонтальных линий полностью только в углах рамки. Около других линий километровой сетки указываются только две последние цифры, называемые *сокращёнными координатами*. Например, абсцисса 6068 выписана полностью, у абсциссы 6067 приведена только цифра 67 («сокращенная абсцисса»). Аналогична система надписей и у ординат (рис. 2.4), при этом ординаты точек указываются преобразованными. Сокращенные координаты используют для обозначения квадратов километровой сетки (квадрат 68-11).

На листах карты, не примыкающих к осевому меридиану, вертикальные линии сетки повернуты на запад (если лист карты расположен в западной части зоны) или на восток (если лист карты расположен в восточной части зоны) относительно меридианов градусной сетки на величину сближения меридианов γ . Например лист карты, изображённый на рис. 2.4, расположен в западной части пятой зоны зональной системы координат Гаусса-Крюгера, поэтому километровая сетка повернута на запад относительно географического меридиана. Среднее сближение меридианов западное $0^{\circ}22'$.

Координатами точки в географической системе координат являются угловые величины – широта φ и долгота λ . Порядок определения географической широты точки, расположенной в пределах карты (рис. 2.4, точка 158,3):

- при помощи треугольника опустите перпендикуляр из искомой точки на ближайший географический меридиан (минутную рамку карты);
- запишите широту параллели градусной рамки φ_0 , обозначенную в ближайшем от определяемой точки углу топографической карты;
- рассчитайте приращение $\Delta\varphi$, для чего определите:
 - количество целых минутных и 10-ти секундных отрезков;
 - вычитайте из пропорции количество секунд, соответствующих доле десятисекундного отрезка:

$$\text{длина отрезка в см или мм} - 10'';$$

$$\text{длина отрезка в см или мм} - x'';$$
- географическую широту точки вычислите по формуле:

$$\varphi = \varphi_0 \pm \Delta\varphi$$

Для определения долготы точки перпендикуляр необходимо опустить на ближайшую параллель. Расчёт проводим по формуле $\lambda = \lambda_0 \pm \Delta\lambda$. Все операции по определению и вычислению долготы аналогичны определению широты.

Пример 2.2. Определите географические координаты точки с отметкой 158,3 (квадрат 11/68 учебной карты) (рис. 2.5, карта уменьшена).

Решение. Определяем широту: $\varphi_0 = 54^\circ 52' 30''$;

$$\frac{3,1 \text{ см} - 10''}{1 \text{ см} - x''}, x = \frac{1 \cdot 10}{3,1} = 3,22''; \Delta\varphi = 10'' + 3,2'';$$

$$\varphi = \varphi_0 - \Delta\varphi = 54^\circ 52' 30'' - 10'' - 3,2'' = 54^\circ 52' 16,8'' \text{ с.ш.};$$

Определяем долготу: $\lambda_0 = 24^\circ 30' 00''$;

$$\frac{1,8 \text{ см} - 10''}{1 \text{ см} - x''}, x = \frac{1 \cdot 10}{1,8} = 5,6''. \Delta\lambda = 1' + 5,6'';$$

$$\lambda = \lambda_0 + \Delta\lambda = 24^\circ 30' 00'' + 1' + 5,6'' = 24^\circ 31' 05,6'' \text{ в.д.}$$

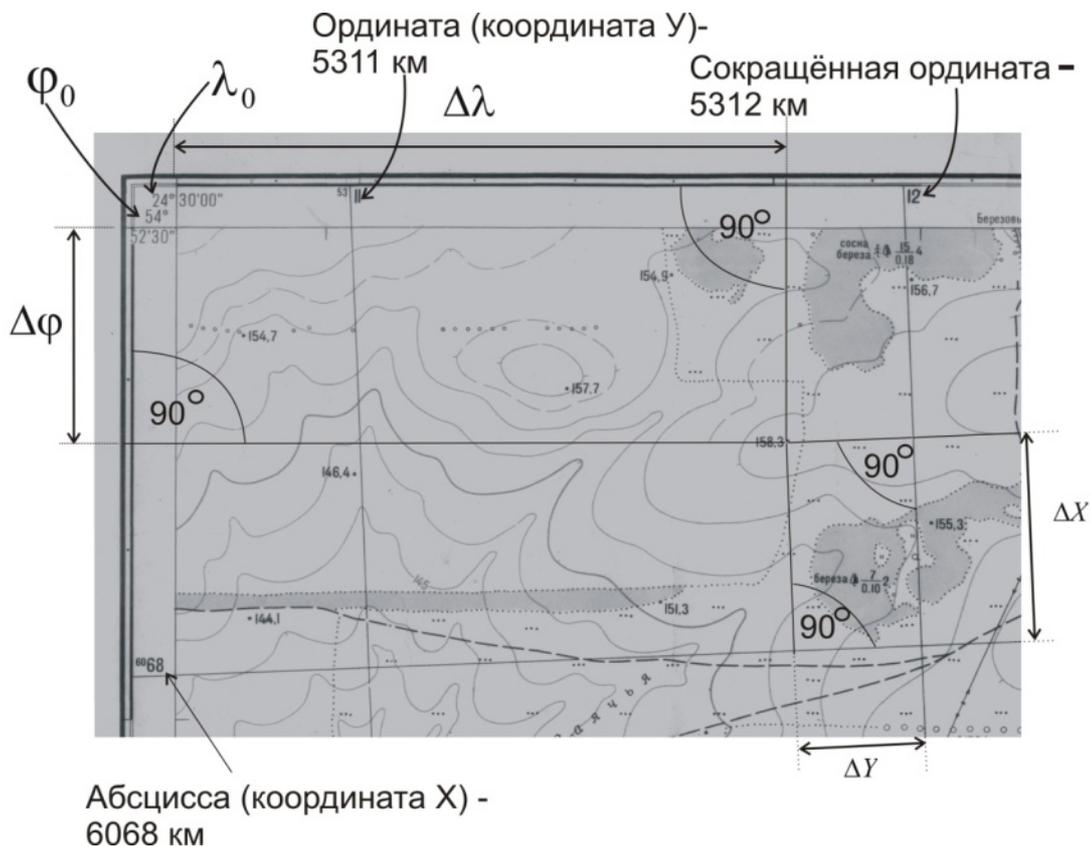


Рис. 2.5. Определение координат точки по учебной топографической карте с номенклатурой листа У-35-38-А-в-3

Порядок определения координаты X точки, расположенной в пределах карты (рис. 2.5, точка 158,3):

- при помощи треугольника опустите перпендикуляр от точки 158,3 на ближайшую вертикальную линию (линию абсцисс) квадрата километровой сетки;
- запишите координату X_0 ближайшего угла квадрата километровой сетки топографической карты;
- рассчитайте приращение ΔX , для чего измерьте расстояние от угла координатной сетки до опущенного из точки 158,3 перпендикуляра и выразите его в масштабе карты;
- определите координату X искомой точки по формуле:

$$X = X_0 \pm \Delta X.$$

Для определения координаты Y перпендикуляр опустите от точки на горизонтальную линию (линию ординат) квадрата километровой сетки. Расчёт проводят по формуле

$$Y = Y_0 \pm \Delta Y.$$

Пример 2.3. Определите прямоугольные координаты точки с отметкой 158,3 (квадрат 11/68) (рис. 2.5, карта уменьшена).

Решение: $X_0 = 6068 \text{ км}; \quad \Delta X = 3,8 \text{ см} = 0,38 \text{ км}.$

$$X = X_0 + \Delta X = 6068 + 0,38 = 6068,38 \text{ км}.$$

$$Y_0 = 5312 \text{ км}; \quad \Delta Y = 2,2 \text{ см} = 0,22 \text{ км};$$

$$Y = Y_0 - \Delta Y = 5312 - 0,22 = 5311,78 \text{ км}.$$

Значение $Y = 5311,78 \text{ км}$ называется приведённой ординатой. Истинное (действительное) значение ординаты

$$Y_{ист} = 311,78 - 500 = -188,22 \text{ км}.$$

Точка 158,3 расположена в 5-й зоне, западнее осевого меридиана, о чём свидетельствует знак «минус».

3. Ориентирование линий

Углы ориентирования линии в географической системе координат: географический азимут прямой, географический азимут обратный, географический румб прямой, географический румб обратный (рис. 2.6).

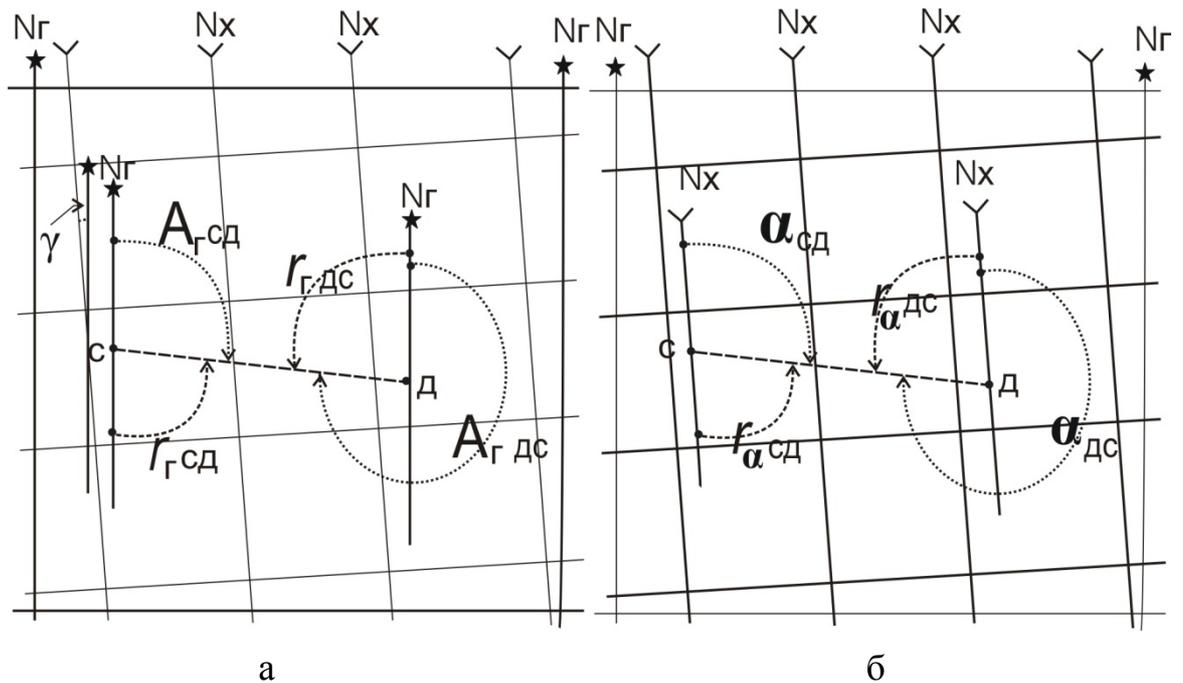


Рис. 2.6. Углы ориентирования в географической системе (а) и зональной системе прямоугольных координат Гаусса-Крюгера (б)

Географический азимут ($A_{Г}$) – горизонтальный угол, отсчитываемый по часовой стрелке от северного направления географического меридиана до ориентируемой линии. Изменяется от 0° до 360° .

Порядок определения $A_{Г}$ линии СД:

- через начальную точку искомого направления с помощью транспортира проведите линию, параллельную географическому меридиану $N_{Г}$ карты (рис. 2.6);
- измерьте азимут с помощью транспортира (с точностью до $30'$).

Аналогично измерьте азимут географический обратный линии АВ. Географический меридиан при этом проведите через точку В. Прямые и обратные азимуты одного направления связаны соотношением

$$A_{Г\text{BA}} = A_{Г\text{AB}} + 180^{\circ}{}^3.$$

Поскольку географические меридианы в начале и в конце ориентируемого отрезка не параллельны, азимуты прямые и обратные линий, длиной более 1000 м, связаны соотношением:

$$A_{Г\text{BA}} = A_{Г\text{AB}} + 180^{\circ} + \gamma,$$

где γ – сближение меридианов в географической системе координат (угол между касательными к меридианам в данных двух точках, направленных на полярную звезду).

³ Если длина линии меньше 500 м

Географический румб (r_{Γ}) – угол, отсчитываемый от ближайшего направления географического меридиана до ориентируемой линии.

Румбы изменяются от 0° до 90° и, кроме углового значения, имеют ещё названия – СВ, ЮВ, ЮЗ, СЗ, например: $r_{AB} = СВ : 45^{\circ}$; $r_{BA} = ЮЗ : 45^{\circ}$.

Обратный румб по значению равен прямому румбу, но имеет противоположное направление.

Пример 2.4. Определите углы ориентирования в географической системе координат линии АВ, заданной на учебной карте (квадрат 68-13, северная часть) (рис. 2.7).

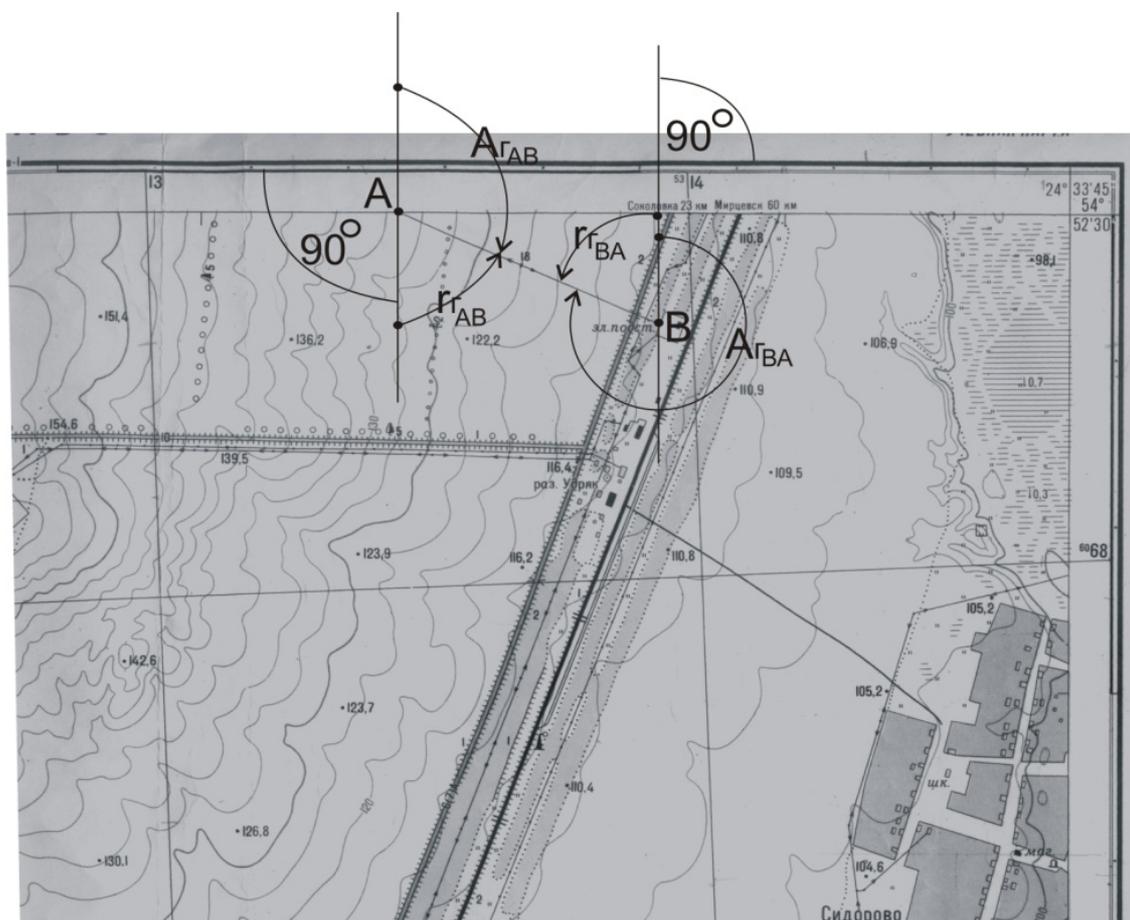


Рис. 2.7. Схема измерения углов ориентирования линии АВ в географической системе координат по учебной топографической карте с номенклатурой листа У-35-38-А-в-3

Результаты измерений углов по учебной карте:

$$A_{\Gamma AB} = 112^{\circ}30'; \quad r_{\Gamma AB} = ЮВ : 67^{\circ}30'; \quad A_{\Gamma BA} = 292^{\circ}30'; \quad r_{\Gamma BA} = СЗ : 67^{\circ}30'.$$

В системе плоских прямоугольных координат Гаусса-Крюгера направления задают дирекционным углом α (рис. 2.6). На практике его иногда заменяют румбом.

Дирекционный угол (α) – горизонтальный угол, отсчитываемый от северного направления осевого меридиана или линии, ему параллельной, по ходу часовой стрелки до ориентируемой линии. Изменяется как и азимут от 0° до 360° .

Дирекционный румб (r_α) – горизонтальный угол между ближайшим направлением осевого меридиана или линии, ему параллельной и ориентируемой линией в пределах от 0° до 90° .

Порядок измерения по карте дирекционного угла α_{AB} линии АВ (рис. 2.8):

- проведите осевой меридиан N_x через начальную точку ориентируемой линии. Для этого с помощью треугольника проведите через точку А линию, параллельную осевому меридиану карты;
- измерьте дирекционный угол с помощью круглого транспортира (с точностью до $30'$).



Рис. 2.8. Схема измерения углов ориентирования линии АВ в зональной системе плоских прямоугольных координат Гаусса-Крюгера по учебной топографической карте с номенклатурой листа У-35-38-А-в-3

При измерении обратного дирекционного угла линии АВ – α_{BA} осевой меридиан проводят через точку В (конец отрезка).

Пример 2.5. Измерьте углы ориентирования в плоской системе координат Гаусса-Крюгера линии АВ, заданной на учебной карте (квадрат 68–13, северная часть).

Решение.

$$\alpha_{AB} = 114^{\circ}30'; \quad r_{\alpha_{AB}} = ЮВ: 65^{\circ}30'; \quad \alpha_{BA} = 294^{\circ}30'; \quad r_{\alpha_{BA}} = СЗ: 65^{\circ}30'.$$

Измеренные по карте азимут географический и дирекционный угол отличаются на 2° . То есть осевой меридиан проходит западнее географического на 2° . Это есть гауссово сближение меридианов (γ) – угол между географическим и осевым меридианами (рис. 2.6).

Зарамочное оформление учебной карты свидетельствует, что сближение меридианов равно $2^{\circ}22'$, однако по нашим вычислениям получилось 2° . Точнее измерить угол с помощью транспортира невозможно.

Часто возникает необходимость в пересчёте углов: измерив азимут магнитный линии на местности, нужно рассчитать для этого направления азимут географический (румб географический) или дирекционный угол (румб дирекционный). Либо измеряют азимут географический (дирекционный угол) по топографической карте, затем пересчитывают его в азимут (румб) магнитный.

Пример 2.6. По учебной карте измерили дирекционный угол – $\alpha_{AB} = 227^{\circ}30'$. Найдите азимут магнитный этой линии, если магнитное склонение на 2000 год равно $\delta_{2000} = 6^{\circ}12'$, годовое изменение магнитного склонения восточное $2'$, $\gamma = -2^{\circ}22'$.

Решение:

$$\delta_{2008} = \delta_{2000} + 2' \cdot 8 \text{ лет} = 6^{\circ}12' + 0^{\circ}16' = 6^{\circ}28'.$$

$$A_M = \alpha - \delta_{2008} - \gamma = 227^{\circ}30' - 6^{\circ}28' - 2^{\circ}22' = 218^{\circ}40'.$$

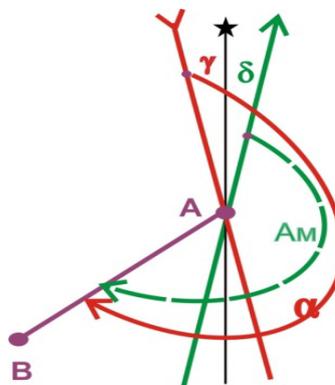


Рис. 2.9. Схема углов к примеру 2.6

Пример 2.7. Известны $r_{Г_{AB}} = СЗ: 67^{\circ}57'$; $\delta = 7^{\circ}21'$; $\gamma = 3^{\circ}48'$. Вычислите азимут и румб магнитные, а также дирекционный угол.