

Л.Н. Грицкив, Т.Г. Мальцева

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПО КАРТЕ

Учебно-методическое пособие по курсу
«Инженерная геодезия» для студентов строительных
специальностей и профилей всех форм обучения



Министерство образования и науки Российской Федерации
Тольяттинский государственный университет
Инженерно-строительный институт
Кафедра «Промышленное и гражданское строительство»

Л.Н. Грицкив, Т.Г. Мальцева

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПО КАРТЕ

Учебно-методическое пособие
по курсу «Инженерная геодезия» для студентов строительных
специальностей и профилей всех форм обучения

Тольятти
ТГУ
2010

УДК 528(075.8)

ББК 26.12

Г858

Рецензент:

к.т.н., доцент Тольяттинского государственного университета

Н.В. Маслова.

Г858 Грицкив, Л.Н. Решение задач по карте : учеб.-метод. пособие по курсу «Инженерная геодезия» для студентов строительных специальностей и профилей всех форм обучения / Л.Н. Грицкив, Т.Г. Мальцева. – Тольятти : ТГУ, 2010. – 47 с.

В учебно-методическом пособии изложены общие сведения о топографических картах и планах. Рассмотрены масштабы, применяемые в топографии. Приведены примеры решения задач по карте.

Рекомендовано к изданию методической комиссией инженерно-строительного института Тольяттинского государственного университета.

© ГОУ ВПО «Тольяттинский государственный университет», 2010

Порядок выполнения расчетно-графической работы «Решение задач по карте»

1. Изучить масштабы, применяемые в геодезии.
2. Составить таблицу численных масштабов, дать расшифровку и указать точность каждого масштаба.
3. Построить нормальный линейный масштаб, соответствующий численному масштабу 1:1000.
4. Пользуясь построенным линейным масштабом, отложить на прямой три отрезка (каждый от начала прямой) согласно своему варианту (прил. 1).
5. Построить нормальный сотенный поперечный масштаб, соответствующий численному масштабу 1:500.
6. Пользуясь построенным поперечным масштабом, отложить на прямой три отрезка (каждый от начала прямой) согласно своему варианту (прил. 1).
7. Произвести расчет элементов поперечных масштабов.
8. Решить задачи.
9. Определить географические координаты точек 1, 2, 3, указанных на карте.
10. Определить прямоугольные координаты точек 1, 2, 3.
11. Определить дирекционные углы направлений 1-2, 2-3, 3-1 и вычислить румбы указанных направлений.
12. Вычислить истинные и магнитные азимуты направлений 1-2, 2-3, 3-1.
13. Определить высоты точек 1, 2, 3.
14. Построить профиль по линии АВ.
15. Построить графики заложений для определения по карте углов наклона и уклонов скатов местности.
16. Определить крутизну скатов по направлению 1-2.
17. Провести линию с заданным уклоном.
18. Построить границы водного бассейна и определить его площадь.

1. МАСШТАБЫ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ КАРТ И ПЛАНОВ

Топографические материалы – карты и планы представляют собой уменьшенное изображение ситуации и рельефа местности.

На картах изображают обычно поверхность всей Земли или больших ее частей. В связи с тем что сферическую поверхность Земли нельзя изобразить на плоскости без искажений, карта представляет собой не подобное, а более или менее искаженное изображение земной поверхности. Для уменьшения искажения при построении карт используют различные картографические проекции. Чертеж, на котором приведено уменьшенное, обобщенное, построенное в картографической проекции изображение поверхности Земли, называется **картой**.

На планах обычно изображают небольшие участки земной поверхности, на которых поверхность сфероида практически совпадает с горизонтальной плоскостью.

Вследствие этого элементы земной поверхности переносятся на план путем простого уменьшения. Чертеж, на котором в уменьшенном, подобном виде изображена ортогональная проекция небольшого участка земной поверхности, называется **планом**.

Длина ортогональной проекции линии на горизонтальную плоскость называется **горизонтальным проложением**.

Топографические планы создают в крупных масштабах 1:500, 1:1000, 1:2000, 1:5000. Предназначены они для составления генеральных планов, технических проектов и рабочих чертежей для обеспечения строительства различных инженерных сооружений.

Карты по масштабам подразделяются на крупномасштабные – 1:10000, 1:25000, 1:50000, 1:100000, среднемасштабные – 1:200000, 1:300000, 1:500000 и мелкомасштабные – 1:1000000 и мельче. Крупномасштабные топографические карты могут быть использованы для предварительных изысканий в строительстве, выбора территорий под строительство промышленных сооружений, городов и прочее.

Кроме карт и планов к топографическим материалам относят профили местности, представляющие собой уменьшенное изображение вертикального разреза земной поверхности вдоль выбранного направления.

Степень уменьшения изображения на плане или карте контуров местности или отношение длины отрезка линии на плане (карте) к со-

ответствующему горизонтальному проложению этого отрезка на местности называется **масштабом**.

Масштабы планов и карт могут быть выражены численно и графически.

2. ЧИСЛЕННЫЙ МАСШТАБ

Численный масштаб – это дробь, числитель которой единица, а знаменатель «М» – число, показывающее, во сколько раз уменьшены горизонтальные проложения линий местности при изображении их на плане (карте). Так, на планах (картах) масштаба 1:500, 1:1000, 1:2000, 1:5000, 1:10000 горизонтальные проложения линий местности уменьшены соответственно в 500, 1000, 2000, 5000, 10000 раз. Для удобства вычислений численный масштаб записывают в виде отношения 1:М.

Чем больше знаменатель «М» численного масштаба, тем масштаб мельче, чем меньше знаменатель «М», тем крупнее масштаб. Так, масштаб 1:500 вдвое крупнее масштаба 1:1000, а масштаб 1:10000 в пять раз мельче масштаба 1:2000.

Численный масштаб подписывается на каждом листе карты или плана под южной стороной рамки.

Если масштаб плана 1:500, это означает, что отрезку в 1 см на плане соответствует 500 см местности, т. е. 1 см плана соответствует 5 м местности. Практически, чтобы узнать число метров местности в 1 см плана, надо из знаменателя «М» численного масштаба исключить два последних нуля. Например, масштаб 1:5000. Знаменатель М = 5000. Исключая два последних нуля, получим, что 1 см плана соответствует 50 м местности.

Если обозначим длину отрезка линии на плане в см через « d », а масштаб плана 1:М, то ему будет соответствовать горизонтальное проложение линии местности D см: $D = d \times M$.

С применением масштабов можно решать различные задачи на планах и картах, рассмотрим несколько примеров.

1. Так, на плане масштаба 1:500 расстояние между центрами двух соседних водопроводных колодцев равняется $d = 8,72$ см. Горизонтальное проложение линии на местности между этими колодцами будет: $D = 8,72 \text{ см} \cdot 500 = 4360 \text{ см} = 43,60 \text{ м}$.

2. Длина жилого дома прямоугольной формы на местности равна $a = 73 \text{ м } 40 \text{ см}$, ширина $b = 14 \text{ м } 20 \text{ см}$.

На плане в масштабе 1:500 этот дом изобразится прямоугольником с размерами

$$d_1 = \frac{7340 \text{ см}}{500} = 14,68 \text{ см}; \quad (2.1)$$

$$d_2 = \frac{1420 \text{ см}}{500} = 2,84 \text{ см}. \quad (2.2)$$

3. Определить масштаб карты в пять раз крупнее масштаба 1:25000.

Зная, что, чем меньше знаменатель численного масштаба, тем масштаб крупнее, разделим числитель заданного масштаба на 5 и получим масштаб карты 1:5000.

4. Определить масштаб карты в два раза мельче масштаба 1:25000.

Зная, что, чем больше знаменатель численного масштаба, тем масштаб мельче, умножим числитель заданного масштаба на 2 и получим масштаб карты 1:50000.

5. На плане масштаба 1:500 измерено расстояние $d = 56,5 \text{ мм}$. Определить длину горизонтального проложения данной линии на местности D .

Вычисление производится по формуле $D = d \times M$, где M – знаменатель численного масштаба. $D = 56,5 \times 500 = 28250 \text{ мм} = 28,25 \text{ м}$.

6. Дано горизонтальное проложение линии на местности $D = 214 \text{ м}$. Определить длину соответствующего отрезка на плане масштаба 1:2000.

Используя формулу $\frac{1}{M} = \frac{d}{D}$, получим

$$d = \frac{D}{M} = \frac{214}{2000} = 0,107 \text{ м} = 10,7 \text{ см}.$$

7. Определить величину численного масштаба, если известна площадь земельного участка на плане $f = 72 \text{ см}^2$, которая соответствует площади на местности $F = 0,0018 \text{ км}^2$.

Вычисление производится по формуле

$$M = \sqrt{\frac{f}{F}} = \frac{1}{500}.$$

Следующие задачи предлагается решить самостоятельно (данные взять из прил. 2 согласно своему варианту).

Задача 1. Принять необходимый масштаб плана, на котором два параллельно идущие водовода изобразились бы штриховыми линиями на расстоянии d . Расстояние на местности между водоводами D .

Задача 2. Определить размеры здания прямоугольной формы, если на плане в масштабе 1:500 это здание будет изображено прямоугольником с размерами: длина a , ширина b .

Задача 3. Площадь фигуры на плане f , что соответствует на местности площади F . Определить величину численного масштаба.

Задача 4. Площадь строительной площадки на плане в масштабе 1: M_1 равна P . Вычислить площадь F той же площадки, изображенной на плане в масштабе 1: M_2 .

При измерениях по карте и при откладывании расстояний на бумаге при составлении планов большое значение имеет понятие о точности масштаба.

По существу, точность масштаба – это наименьший отрезок местности, который можно изобразить на карте данного масштаба и рассмотреть невооруженным глазом. Для нормального глаза критический угол зрения $\varepsilon = 60''$, т. е. это предельный угол, под которым две точки или две линии различаются раздельно, а не сливаются в одну. Глаз адаптируется нормально на расстоянии наилучшего зрения $d = 250$ мм. Следовательно, невооруженным глазом можно различить на плане отрезок t , равный

$$t = d \cdot \frac{\varepsilon''}{\rho''} = 250 \text{ мм} \times \frac{60''}{206265''} \approx 0,1 \text{ мм} , \quad (2.3)$$

где ρ – радиан.

Величину $t = 0,1$ мм можно представить, например, как размер диаметра кружка, полученного от укола остро отточенной иглой на плане.

Длина горизонтального проложения линии местности, соответствующая 0,1 мм на плане (карте) данного масштаба, называется **точностью масштаба**.

Точность масштаба позволяет решить две задачи:

- 1) определить размер местных предметов и извилин контуров, меньше которых в масштабе плана изобразить невозможно;
- 2) определить масштаб будущего плана.

Точность масштаба выражается обычно в метрах местности.

1. Масштаб 1:500 — отрезок на плане в 0,1 мм соответствует 0,05 метра на местности, т. е. точность этого масштаба равна 0,05 м.

2. Масштаб 1:5000 — его точность 0,50 м.

Практически, чтобы узнать точность данного масштаба, надо из знаменателя «М» численного масштаба исключить четыре последних нуля или запятую перенести влево на четыре знака.

За графическую точность масштаба принята длина горизонтального проложения линии местности, соответствующая на плане данного масштаба 0,2 мм, т. е. точность определения расстояний по плану принимается равной удвоенной точности его масштаба. Например, точность плана масштаба 1:500 равна 0,1 м.

Таблица 2.1

Заполнить таблицу численных масштабов с их расшифровкой

Численные масштабы	Расшифровка масштабов	Точность масштабов
1:500	1 см на плане соответствует 5 м	0,05 м
1:1000		
1:2000		
1:5000		
1:10000		
1:25000		
1:50000		
1:100000		
1:200000		
1:300000		
1:500000		
1:1000000		

3. ГРАФИЧЕСКИЕ МАСШТАБЫ

3.1. Построение нормального линейного масштаба

При решении задач по карте или плану с помощью численного масштаба приходится выполнять много вычислений. Чтобы избежать этого, используют графические масштабы.

Масштабы, представленные в виде графика (графические масштабы), подразделяют на линейные и поперечные. Численный и линейный масштабы указываются под южной рамкой листа топографической карты или плана.

Линейный масштаб представляет собой прямую линию, на которой отложен ряд равных отрезков, называемых основанием масштаба. Один такой отрезок a соответствует определенному числу метров горизонтального проложения местности. Чаще всего основание масштаба принимается равным двум сантиметрам.

Линейный масштаб с основанием $a = 2$ см называется **нормальным**.

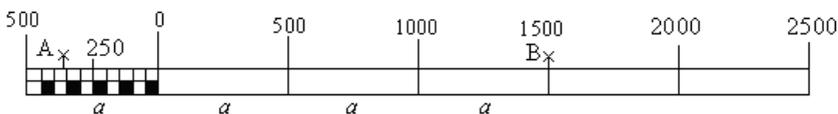


Рис. 1. Линейный масштаб

Первое левое основание делится на 10 частей, на конце его ставится нуль. Каждое второе деление левого основания закрашивается наполовину черным цветом. Вправо и влево от нуля производится оцифровка линейного масштаба в соответствии с заданным численным масштабом.

На рис. 1 оцифровка произведена в масштабе 1:25000, т. е. в 1 см 250 м. Так как в основании $a = 2$ см, то цена основания будет 500 м, а цена наименьшего деления левого основания шкалы линейного масштаба будет 50 м. Доли наименьшего деления основания оцениваются на глаз.

3.2. Определение длин линий на карте (плане) с помощью линейного масштаба

Чтобы определить на плане расстояние между двумя точками местности с помощью линейного масштаба, поступают следующим образом (рис. 2).

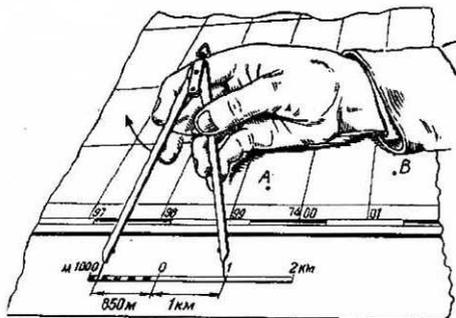


Рис. 2. Измерение расстояний по линейному масштабу

1. В раствор циркуля-измерителя берут измеряемое расстояние с карты или плана.

2. Правую иглу измерителя устанавливают на одно из делений линейного масштаба, расположенных справа от нуля, так, чтобы вторая ножка разместилась на шкале линейного масштаба.

3. Искомое расстояние равно сумме двух расстояний: расстояние от нуля до правой ножки циркуля плюс расстояние от нуля до левой ножки циркуля, установленной на шкале линейного масштаба.

Отсчет по шкале линейного масштаба получается как произведение цены наименьшего деления на число полных наименьших делений, заключенных между нулем и левой ножкой циркуля, плюс часть деления, оцениваемого на глаз.

На рис. 1 расстояние $AB = 1500 \text{ м} + 50 \times 7 + 20 \text{ м} = 1870 \text{ м}$.

Для построения на плане линии, длина которой известна из измерений на местности, все эти действия производят в обратной последовательности.

Практическая точность линейного масштаба $\pm 0,5 \text{ мм}$, что составляет $0,02 \div 0,03$ основания масштаба.

3.3. Построение поперечного масштаба

Линейный масштаб не позволяет производить измерения по карте с требуемой точностью. С целью повышения точности измерений пользуются поперечным масштабом. Его гравировают на специальных металлических линейках, называемых масштабными. Он позволяет измерять расстояния с точностью цены наименьшего деления. Опытный специалист с помощью измерителя и масштабной линейки может откладывать и измерять расстояния с точностью до $0,5$ цены наименьшего деления поперечного масштаба.

Поперечный масштаб представляет собой график, основанный на пропорциональном делении отрезков (рис. 3). Для построения поперечного масштаба на отрезке прямой откладывают последовательно несколько раз основание масштаба a (при $a = 2 \text{ см}$ поперечный масштаб называется нормальным). В полученных точках восстанавливаются перпендикуляры. На крайних перпендикулярах AC и BE откладывают m произвольных, но равных отрезков и через одноименные точки проводят горизонтальные параллельные прямые.

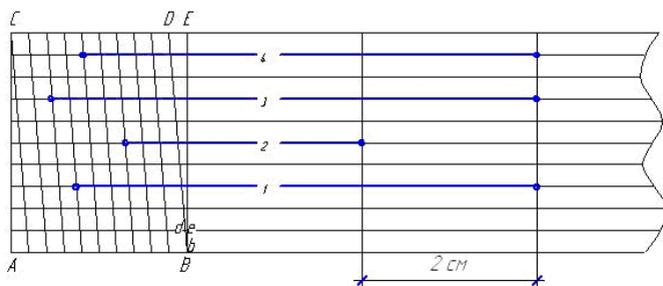


Рис. 3. График поперечного масштаба для значения численного масштаба 1:10000

Основания AB и CE делят на n равных частей; точку B соединяют с точкой D , т. е. соединяют первую точку нижнего основания со второй точкой верхнего основания. Через остальные точки основания параллельно BD проводят линии, называемые трансверсалими.

Цена наименьшего деления de полученной диаграммы поперечного масштаба определяется из соотношения сторон подобных треугольников:

$$\triangle BDE \sim \triangle bde; \quad (3.1)$$

$$\frac{de}{DE} = \frac{be}{BE}, \quad (3.2)$$

или

$$de = be \cdot \frac{DE}{BE}. \quad (3.3)$$

Согласно построению

$$DE = \frac{AB}{n}; \quad (3.4)$$

$$BE = \frac{BE}{m}. \quad (3.5)$$

$AB = a$ – основание. Следовательно:

$$de = \frac{(AB)}{n} \cdot \frac{(BE)}{m} = \frac{a}{nm}. \quad (3.6)$$

Таким образом, наименьшее деление диаграммы поперечного масштаба равно частному от деления основания a на произведение $m \times n$.

Если принять $n = m = 10$, то $de = \frac{a}{100}$, т. е. в этом случае наименьшее деление поперечного масштаба равно сотой доле основания, такой поперечный масштаб называется сотенным.

При $n = m = 5 \cdot de = \frac{a}{25} = \frac{4a}{100}$ поперечный масштаб называется четырехсотенным.

3.4. Определение длин линий на карте (плане) с помощью поперечного масштаба

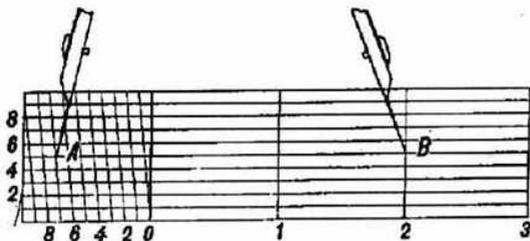


Рис. 4. Измерение расстояний по поперечному масштабу

Определение длины горизонтального проложения отрезка линии на плане или карте с помощью поперечного масштаба производят в такой последовательности.

1. В раствор измерителя берется расстояние с плана или карты.
2. Ставят измеритель на поперечный масштаб так, чтобы одна ножка измерителя приходилась на перпендикуляр справа от нуля (рис. 4), а вторая – на трансверсаль. При этом обе ножки должны находиться на одной горизонтальной линии или на одной прямой между соседними горизонтальными линиями.

3. Считывают расстояние, которое равно сумме расстояний (линия 2):

- 1) расстояние вправо от нуля в примере равно 200 м;
- 2) расстояние влево от нуля определяется как произведение цены наименьшего деления основания на число делений между нулем масштаба и трансверсалью, на которой находится левая ножка измерителя. В примере 3 деления; $3 \text{ деления} \times 10 \text{ м} = 30 \text{ м}$;
- 3) расстояние, равное произведению цены наименьшего деления диаграммы поперечного масштаба на число делений по перпендикуляру от основания до горизонтальной линии, на которой находятся ножки измерителя.

В примере 5 делений:

$$1 \text{ м} \times 5 = 5 \text{ м.}$$

Общее расстояние линии 2 в примере на рис. 3 будет:

$$200 + 10 \cdot 3 + 1 \cdot 5 = 235 \text{ м.}$$

Расстояние линии 3:

$$400 + 10 \cdot 7 + 1 \cdot 7 = 477 \text{ м.}$$

Аналогично решаются и обратные задачи, связанные с построением на карте или плане горизонтальных проложений линий местности.

Практическая точность поперечного масштаба составляет 0,01 основания a . Для нормального сотенного поперечного масштаба это будет: $20 \text{ мм} \cdot 0,01 = 0,2 \text{ мм}$.

Таблица 1

Выполнение расчетов элементов поперечного масштаба

Численные масштабы	Основание поперечного масштаба a , см	Цена основания в метрах	Число делений		Цена наименьшего деления в метрах	
			основания	перпендикуляра	основания	диаграммы
1:200	2,5	5	10	10	0,5	0,05
1:500	2	10	10	10	1	0,1
1:1000						
1:2000						
1:5000						
1:10000						
1:25000						
1:50000						
1:100000						

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КООРДИНАТ ТОЧЕК 1, 2, 3

В этой системе координат положение точки относительно поверхности земного эллипсоида задается геодезической широтой B и долготой L (рис. 5).

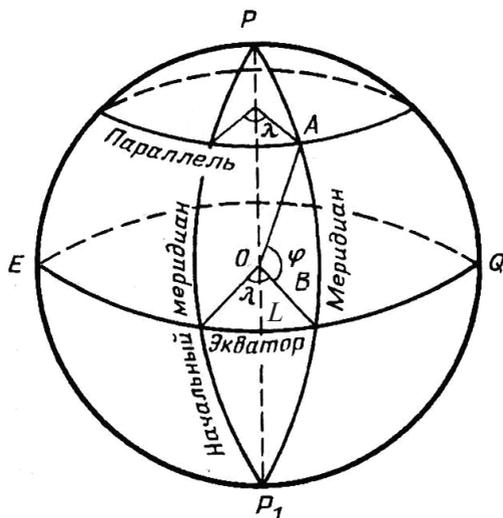


Рис. 5. Географические координаты

Геодезической широтой B называют угол между нормалью (перпендикуляром) к поверхности эллипсоида и плоскостью экватора.

Геодезической долготой L называют двугранный угол между плоскостями, проходящими через меридиан данной точки и меридиан, принимаемый за начальный (Гринвичский меридиан).

Пересечение меридианов и параллели определяет положение точки A на поверхности эллипсоида.

Для определения геодезической широты B и геодезической долготы L используют нормаль к поверхности эллипсоида.

Астрономические координаты: широту φ и долготу λ получают из астрономических наблюдений относительно направлений отвесных линий.

Астрономической широтой φ называют угол между направлением отвесной линии в данной точке и плоскостью, перпендикулярной оси вращения Земли.

Астрономическая долгота λ — это двугранный угол между плоскостью начального астрономического меридиана и плоскостью астрономического меридиана данной точки.

За счет уклонения отвесных линий от нормалей астрономические широта φ и долгота λ точки могут отличаться от ее геодезических координат B и L в среднем на 3–4", а в районах существенно неравномерного распределения масс земной коры — на несколько десятков секунд, т. е. ими нельзя пренебрегать. При выполнении инженерно-геодезических работ эти различия не учитываются, поэтому пользуются географическими координатами, представляющими обобщенное понятие об астрономических и геодезических координатах, которое основано на допущении, что $B = \varphi$, $L = \lambda$. Географические широта и долгота обозначаются соответственно φ и λ .

Карты составляют на отдельных листах в рамках, имеющих вид трапеций.

Северная и южная стороны представляют собой параллели (северную и южную), а боковые стороны — меридианы (западный и восточный). Долгота изменяется с запада на восток, широта — к северу и югу от экватора. Долгота меридианов подписывается на углах карты: градусы слева меридиана, а минуты — справа. Широта северной и южной параллели также подписывается на углах карты: градусы — над параллелью, минуты — под нею.

Значение долготы возрастает с запада на восток. Значение широты возрастает к югу и северу от экватора.

Наружную часть рамки изображают толстой линией, она служит декоративной частью рамки, а в середине со всех сторон дана номенклатура соседних листов карт. В середине, между внутренней и наружной, дана промежуточная часть общей рамки, состоящая из двух тонких параллельных линий, разделенных на части одинаковой длины — минуты широты и долготы. Если через минутные деления сторон рамки карты провести меридианы и параллели, то на карте получится густая градусная (картографическая) сетка через одну минуту.

Для определения широты и долготы точек 1, 2, 3 необходимо измерить в миллиметрах длину одной минуты долготы и широты, а также приращений географических координат точек (расстояние от параллели

ли и меридиана до заданных точек); составить пропорцию и вычислить $\Delta\varphi$ и $\Delta\lambda$, а затем координаты точек 1, 2, 3. Записать номер зоны.

Координаты точек получают из выражений:

$$\varphi_T = \varphi_{Ю} + \Delta\varphi = \varphi_C - \Delta\varphi; \tag{4.1}$$

$$\lambda_T = \lambda_3 + \Delta\lambda = \lambda_B - \Delta\lambda. \tag{4.2}$$

Долготу осевого меридиана определяют из выражения

$$\lambda_{осев.м} = 6^\circ \cdot n - 3^\circ, \tag{4.3}$$

где n – номер шестиградусной зоны.

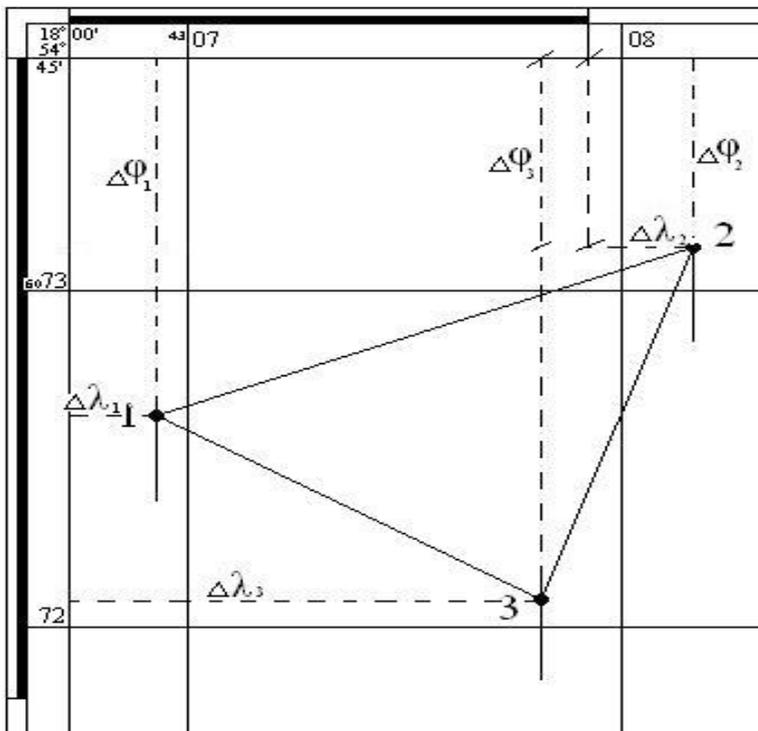


Рис. 6

Географические координаты точки пересечения ближайших к заданной точке 1 параллели (северной) и меридиана (западного) составляют $\varphi_c = 54^\circ45'$; $\lambda_3 = 18^\circ00'$ (рис. 6).

Точка 1 отстоит от точки с этими координатами по широте на 40 мм и долготе на 30 мм.

Длина одной минуты по широте составляет 185 мм. Длина одной минуты по долготе равна 108 мм.

Вычисляют приращение широты и долготы:

$$\begin{array}{l} 60'' - 185 \text{ мм} \\ \Delta\varphi'' - 40 \text{ мм} \end{array} \quad \Delta\varphi = \frac{60'' \cdot 40 \text{ мм}}{185 \text{ мм}} = 12'',9 \approx 13'' \quad (4.4)$$

$$\begin{array}{l} 60'' - 108 \text{ мм} \\ \Delta\lambda - 30 \text{ мм} \end{array} \quad \Delta\lambda = \frac{60'' \cdot 30 \text{ мм}}{108 \text{ мм}} = 16'',7 \approx 17'' \quad (4.5)$$

Искомые координаты точки 1:

широта

$$\varphi_1 = \varphi_C - \Delta\varphi = 54^\circ 45' - 13'' = 54^\circ 44' 47''; \quad (4.6)$$

долгота

$$\lambda_1 = \lambda_3 + \Delta\lambda = 18^\circ 00' + 17'' = 18^\circ 00' 17''. \quad (4.7)$$

Результаты определения φ и λ занести в табл. 2.

Номер зоны листа карты $n = 4$. Зная номер зоны, вычислить долготу осевого меридиана $-\lambda_{\text{ос.м.}}$:

$$\lambda_{\text{ос.м.}} = 6^\circ \cdot n - 3 = 6 \cdot 4 - 3 = 21^\circ 00'. \quad (4.8)$$

Положение точки 1 относительно осевого меридиана:

$$\Delta\lambda = 21^\circ 00' - 18^\circ 00' 17'' = 2^\circ 59' 43'' \text{ на запад.} \quad (4.9)$$

Значения вычисленных географических координат точек 1, 2, 3 занести в табл. 2.

Таблица 2

Точки	Географические координаты		№ зоны	Долгота осевого меридиана	Положение точки относительно осевого меридиана	
	широта	долгота			на запад	на восток
1	54°44/47//	18°00/17//	4	21°	2°59/43//	—
2						
3						

5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ КООРДИНАТ ТОЧЕК 1, 2, 3

Применение географических координат на практике связано с рядом трудностей и сложных вычислений. Наиболее проста и удобна прямоугольная система координат, но ее распределение на обширные площади ограничено тем, что при переносе изображения фигуры с поверхности эллипсоида на плоскость в определенной проекции возникают различия их искажения.

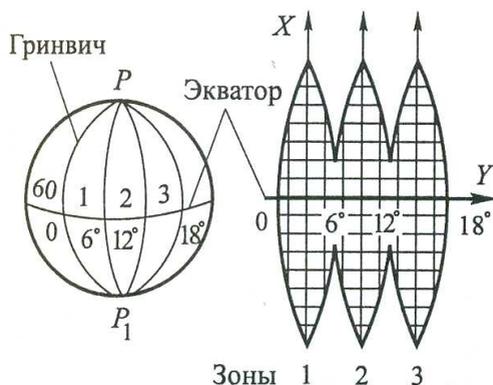


Рис. 7. Зональная система прямоугольных координат Гаусса

В России для крупномасштабного картографирования и инженерно-геодезических работ применяется так называемая проекция Гаусса (рис. 7). Прямоугольные плоские координаты, вычисленные в этой проекции, называются координатами Гаусса. Применяя проекцию Гаусса, поверхность земного эллипсоида делят меридианами на части, называемые зонами. Поверхность сфероида разбивают на шестиградусные или трехградусные зоны, их нумеруют по порядку, начиная с первой от Гринвичского меридиана на восток. Меридианы, проходящие посередине зон, называют осевыми меридианами. В системе шестиградусных зон долгота λ_0 осевого меридиана зоны с номером n равна:

$$\lambda_0 = 6^\circ \cdot n - 3^\circ. \quad (5.1)$$

Каждая зона эллипсоида проектируется на плоскость отдельно от других зон. Таким образом, в результате изображения земного эллипсо-

ида на плоскости получаются изображения отдельных зон. Исходными условиями для определения проекции Гаусса-Крюгера являются:

- 1) конформность, или равноугольность, изображения; это условие заключается в том, что углы между направлениями кривых на поверхности эллипсоида и на плоскость сохраняются без изменений, а длины линий в проекции Гаусса-Крюгера искажаются в сторону их увеличения тем больше, чем дальше они расположены от осевого меридиана;
- 2) осевой меридиан зоны и экватор изображаются взаимно перпендикулярными линиями и принимаются соответственно за ось абсцисс X и ось ординат Y ; прямые, параллельные осям X и Y , образуют прямоугольную координатную сетку;
- 3) за начало координат на плоскости принимают точку пересечения изображений осевого меридиана и экватора.

В пределах каждой координатной зоны на территории России все абсциссы X , отсчитанные от экватора, положительны, а ординаты Y положительны к востоку и отрицательны к западу от осевого меридиана. Чтобы ординаты были только положительными, их увеличивают на 500 км.

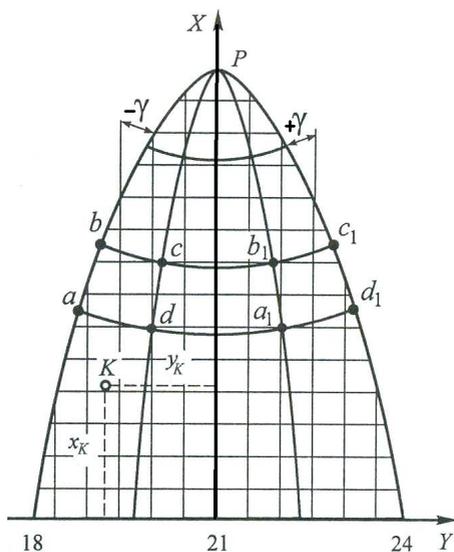


Рис. 8 Зональная система прямоугольных координат Гаусса

Топографическая карта составлена в зональной системе прямоугольных координат (рис. 8), началом которой является точка пересечения среднего (осевого) меридиана зоны (ось X) с экватором (ось Y). Километровая (координатная) сетка строится на картах и планах в виде квадратов с вертикальными линиями, параллельными осевому меридиану, и горизонтальными – параллельными экватору.

Между внутренней и внешней рамкой помещены цифровые обозначения линий координатной сетки. Например, число 6073 у горизонтальной линии сетки соответствует значению абсциссы $X = 6073$ км (расстояние от экватора до данной линии).

Число 4307 у вертикальной линии соответствует ординате $Y = 4307$ км (рис. 9). Первая цифра 4 означает номер зоны, в которой находится данный лист карты, а 307 км – указывает на положение данной вертикальной линии относительно осевого меридиана. Так как осевому меридиану каждой зоны условно присваивается ордината 500 км, то все точки рассматриваемой вертикальной линии удалены от осевого меридиана на $307 - 500 = -193$ км.

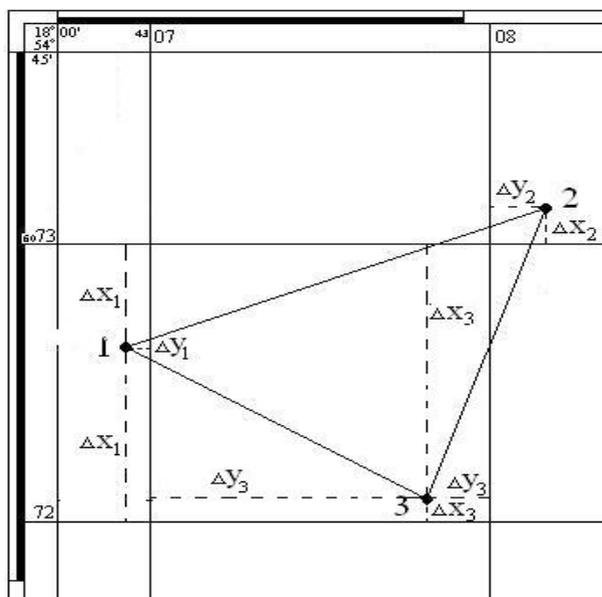


Рис. 9

При определении прямоугольных координат точки сначала определяют квадрат сетки, в котором она расположена. Для этого читают оцифровку горизонтальных километровых линий, образующих северную и южную стороны квадрата, а затем вертикальных линий, образующих западную и восточную стороны квадрата, т. е. сначала абсциссы, а затем ординаты квадрата. Например, точка 3 находится в квадрате 72, 73 и 07, 08.

Если точка находится в полном квадрате, то координаты X и Y вычисляют дважды, от разных значений ординат и абсцисс, а затем вычисляют среднее значение координат по каждой оси раздельно.

Чтобы определить координаты, из данной точки, например 1, опустить перпендикуляры на абсциссы и ординату квадрата, в котором находится точка, вычислить длины перпендикуляров (приращений координат) в метрической системе мер (ΔX и ΔY) и вычислить прямоугольные координаты точки:

$$X_1 = 6072 + \Delta X_1 \text{ (км)}; \quad (5.2)$$

$$X'_1 = 6073 - \Delta X'_1 \text{ (км)}; \quad (5.3)$$

$$Y_1 = 4307 - \Delta Y_1 \text{ (км)}. \quad (5.4)$$

Приращения координат ΔX_1 и ΔY_1 определяют с помощью циркуля-измерителя и поперечного или численного масштаба.

Так как точка 1 находится в неполном квадрате 72, 73 и 07, значение ее ординаты вычисляется без контроля:

$$\Delta X_I = 2,25 \times 100 = 225 \text{ м};$$

$$\Delta X'_I = 7,75 \times 100 = 775 \text{ м};$$

$$\Delta Y_I = 1,25 \times 100 = 125 \text{ м};$$

$$X_I = 6072000 + \Delta X_I = 6072000 \text{ м} + 225 \text{ м} = 6072225 \text{ м};$$

$$\Delta X'_I = 6072000 - \Delta X'_I = 6073000 \text{ м} - 775 \text{ м} = 6072225 \text{ м};$$

$$X_{Icp} = 6072225 \text{ м};$$

$$Y_I = 4307000 - \Delta Y_I = 4307000 \text{ м} - 125 \text{ м} = 4306875 \text{ м}.$$

Первая цифра у ординаты означает номер зоны.

После определения координат вычисляют положение точки относительно осевого меридиана зоны:

$$306875 - 500000 = -193125 \text{ м (на запад)}.$$

Результаты определения координат занести в табл. 3.

Таблица 3

Точки	Координаты		Положение точки относительно осевого меридиана (м)	
	X (м)	Y (м)	на запад	на восток
1	6072225	4306875	193125	-
2				
3				

Прямоугольная координатная сетка позволяет решить и обратную задачу, т. е. нанести точку на карту по ее координатам. Для этого вначале находят на карте квадрат координатной сетки, в котором расположена точка, откладывают измерителем в масштабе карты абсциссу в метрах на левой и правой сторонах квадрата и проводят тонкую горизонтальную линию. Слева направо по прочерченной линии откладывают длину отрезка ординаты в метрах согласно масштабу карты и находят искомую точку.

6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИРЕКЦИОННЫХ УГЛОВ НАПРАВЛЕНИЙ 1-2, 2-3, 3-1 И ВЫЧИСЛЕНИЕ РУМБОВ УКАЗАННЫХ НАПРАВЛЕНИЙ

Чтобы измерить дирекционный угол линии, заданной на карте, надо продолжить эту линию до пересечения с ближайшей вертикальной линией координатной сетки. К точке пересечения прикладывают центр транспортира и совмещают его нулевой диаметр с километровой линией. При измерении дирекционного угла, имеющего величину от 0° до 180° , нулевой радиус транспортира совмещают с северным направлением вертикальной километровой линии, а углов, больших 180° , – с южным направлением. В последнем случае к полученному отсчету прибавляют 180° .

Угол α , отсчитываемый по шкале транспортира по часовой стрелке от северного направления координатной линии, есть дирекционный угол заданного направления (рис. 10).

Для линии 1-2 угол α является прямым дирекционным углом, равным 65° , а угол α' – обратным дирекционным углом, равным 245° .

В общем случае

$$\alpha_{обр} = \alpha_{пр} \pm 180^\circ. \quad (6.1)$$

То есть прямой и обратный дирекционные углы одной и той же линии отличаются между собой на 180° .

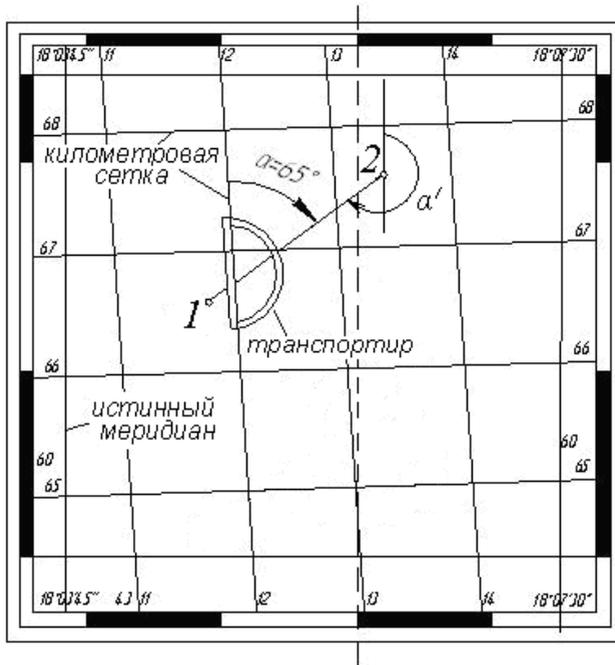


Рис. 10. Определение дирекционного угла линии 1-2

После измерения дирекционного угла начального направления 1-2 транспортиром измеряют внутренние горизонтальные углы $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ в заданном треугольнике на карте, затем приступают к уравниванию углов. Теоретическая сумма внутренних углов многоугольника равна

$$\sum \beta_{теор} = 180^\circ(n - 2), \quad (6.2)$$

где n – число углов.

В данном примере сумма измеренных углов равна

$$\sum \beta_{практ} = \beta_1 + \beta_2 + \beta_3. \quad (6.3)$$

Путем сравнения суммы измеренных углов $\sum \beta_{изм}$ и теоретической суммы $\sum \beta_{теор}$ определяют величину угловой невязки f_β :

$$f_{\beta} = \sum \beta_{\text{изм}} - \sum \beta_{\text{теор}} . \quad (6.4)$$

Допустимость угловой невязки оценивается по формуле

$$f_{\beta_{\text{доп}}} = \pm 1' \sqrt{n} . \quad (6.5)$$

Угловую невязку, если она допустима, распределяют на все углы поровну. Знак поправки противоположен знаку невязки.

По исходному измеренному дирекционному углу α_{1-2} и увязанным углам вычисляют дирекционные углы всех остальных сторон треугольника по формуле

$$\alpha_n = \alpha_{1-2} + 180^\circ - \beta_n , \quad (6.6)$$

где α_n – дирекционный угол последующей стороны треугольника; α_{1-2} – дирекционный угол предыдущей стороны треугольника; β_n – увязанный, внутренний угол.

Для удобства вычислений пользуются румбами. Румб – острый угол между северным или южным исходным направлением и данной линией. Обозначение румбов начинают с указаний четверти, зависимость между дирекционными углами и румбами показана на рис. 11.

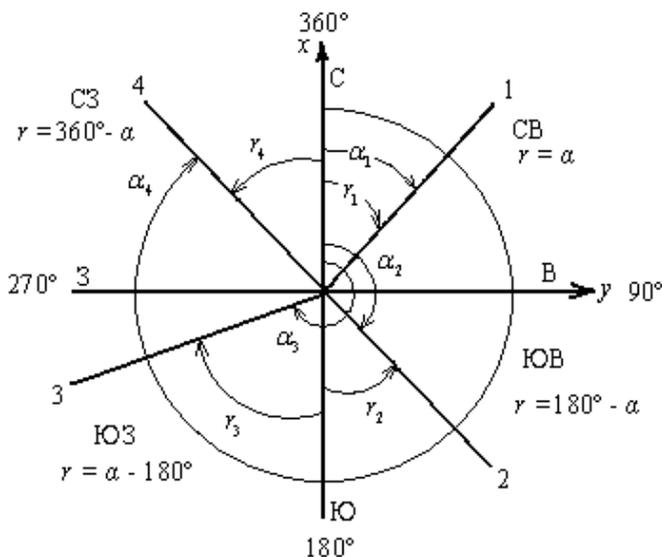


Рис. 11. Связь дирекционных углов и румбов

Вычислив дирекционные углы, по формулам связи находят румбы указанных направлений (рис. 11). Результаты измерений показать схематично в отчете и записать в табл. 5 по форме табл. 4.

Таблица 4

Четверти и дирекционные углы	Румбы	Название румбов
I $0^\circ - 90^\circ$	$r = \alpha$	СВ
II $90^\circ - 180^\circ$	$r = 180^\circ - \alpha$	ЮВ
III $180^\circ - 270^\circ$	$r = \alpha - 180^\circ$	ЮЗ
IV $270^\circ - 360^\circ$	$r = 360^\circ - \alpha$	СВ

Таблица 5

Дирекционные углы и румбы

Направление	Дирекционные углы		Румбы	
	Прямые	Обратные	Прямые	Обратные
1-2	65°00'	245°00'	СВ: 65°00'	ЮВ: 65°00'
2-3				
3-1				

7. ВЫЧИСЛЕНИЕ ИСТИННЫХ И МАГНИТНЫХ АЗИМУТОВ НАПРАВЛЕНИЙ 1-2, 2-3, 3-1

Истинный азимут заданной линии на карте вычисляют после того, как определяют дирекционный угол. Значения истинного азимута и дирекционного угла отличаются на угол γ , называемый сближением меридианов.

Сближение меридианов γ – это угол между направлением меридиана в данной точке и вертикальной линией координатной сетки. Для точек, расположенных восточнее осевого меридиана зоны, величина сближения положительная ($+\gamma$), для точек, расположенных западнее осевого меридиана, – отрицательная ($-\gamma$). Величину сближения меридианов берут в левом углу карты.

Значения магнитного и истинного азимутов отличаются на угол δ , называемый склонением магнитной стрелки. Склонение – угол между северным направлением истинного и магнитного меридианов. Восточное склонение считают положительным, западное – отрицательным.

Сближение меридианов		Склонение магнитной стрелки	
западное	восточное	западное	восточное
-	+	-	+

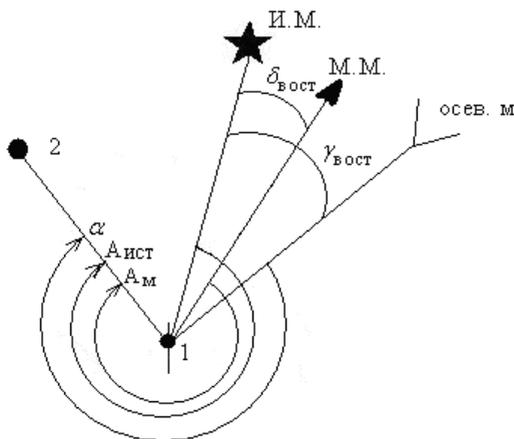


Рис. 12. Зависимость дирекционных углов, истинных и магнитных азимутов

$$A = \alpha + \gamma; \quad (7.1)$$

$$A_M = A - \delta; \quad (7.2)$$

$$A_M = \alpha + \gamma - \delta; \quad (7.3)$$

$$\alpha = A - \gamma. \quad (7.4)$$

Результаты вычислений заносят в табл. 6.

Таблица 6

Направления	Дирекционный угол	Сближение меридианов	Истинный азимут	Склонение магнитной стрелки	Магнитный азимут
1-2	65°	-0°50'	64°10'	+ 3°25'	60°45'
2-3					
3-1					

В примере $\alpha_{1-2} = 65^{\circ}00'$; $\gamma_{зан} = 0^{\circ}50'$; $\delta_{восм} = 3^{\circ}25'$

$$A_{1-2} = \alpha_{1-2} + (-\gamma_{зан}') = 65^{\circ}00' - 0^{\circ}50' = 64^{\circ}10'$$

$$A_{m1-2} = A_{1-2} - (+\delta_{восм}') = 64^{\circ}10' - 3^{\circ}25' = 60^{\circ}45'.$$

8. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫСОТ ТОЧЕК 1, 2, 3

Под рельефом местности понимают совокупность неровностей земной поверхности. Рельеф местности оказывает большое влияние на строительство инженерных объектов на поверхности Земли, поэтому его необходимо учитывать при проектировании инженерных сооружений.

Всё кажущееся многообразие форм рельефа можно разделить на пять основных: гора, котловина, хребет, лощина, седловина (рис. 13–17).

1. Гора (холм, сопка) — это возвышенность в виде купола или конуса. Гора имеет вершину — самую возвышенную часть. Вершина в виде площадки называется плато, а вершина остроконечной формы — пиком. Боковые поверхности: скаты или склоны, направленные от вершины во все стороны. Линия перехода боковой поверхности горы в окружающую местность называется подножием, или подошвой.

Гора:

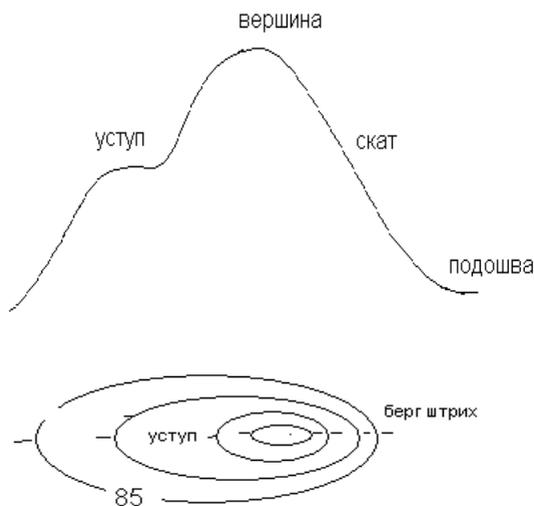


Рис. 13. Изображение горы горизонталями

2. Котловина — это впадина, чашеобразное замкнутое со всех сторон углубление. Котловина имеет дно — самую нижнюю часть, скаты, направленные от дна котловины во все стороны, и бровку — линию перехода скатов в равнину.

Котловина:

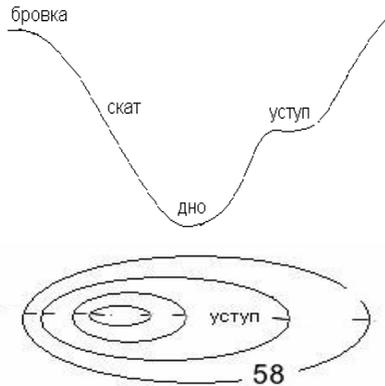


Рис. 14. Изображение котловины горизонталями

3. Хребет – возвышенность, вытянутая в одном направлении (выпуклая форма земной поверхности). Боковые поверхности – скаты (склоны), пересечения которых образуют ось хребта, называемую водораздельной линией.

Хребет

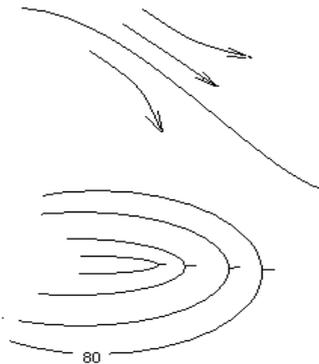


Рис. 15. Изображение хребта горизонталями

4. Лощина, в противоположность хребту, – углубление, вытянутое и понижающееся в одном направлении. Самая низкая линия лощины находится в пересечении двух скатов и образует водослив, или тальвег. Разновидностями лощины являются долина, ущелье, овраг, балка.

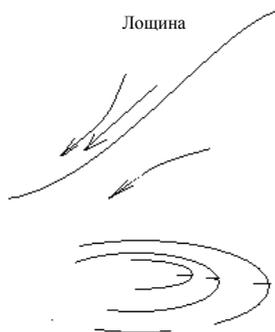


Рис. 16. Изображение лощины горизонталями

5. Седловина – выпукло-вогнутая часть рельефа, расположенная между двумя смежными горами. Она составлена двумя взаимно противоположными хребтами и двумя лощинами. Характерная точка – дно седловины – самое низкое место водоразделов седловины, называемое перевалом.

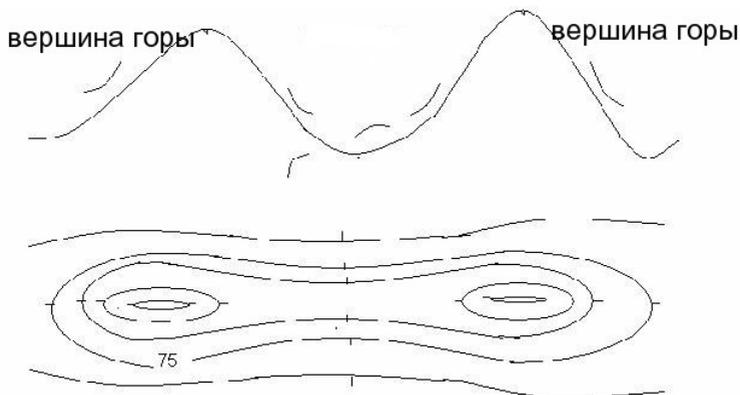


Рис. 17. Изображение седловины горизонталями

Обрывы, овраги и т. п. изображаются на картах и планах специальными условными значками с указанием их глубины и высоты.

На картах рельеф изображается горизонталями (плавными кривыми линиями). Каждая горизонталь имеет определенную отметку и обладает определенными свойствами:

- 1) горизонталь – это замкнутая кривая линия, все точки которой имеют одинаковую высоту;

- 2) чем круче скат местности, тем меньше заложение между горизонталями;
- 3) горизонтали никогда не пересекаются.

Заложение – это кратчайшее расстояние между горизонталями. Кратчайшее расстояние между секущими уровнями поверхностями называют высотой сечения рельефа.

Для нахождения высот точек необходимо определить общее направление ската, используя:

- бергштрихи (направлены в сторону понижения ската местности);
- подписи отметок точек (верх цифр направлен в сторону повышения ската);
- сравнение отметок двух ближайших точек;
- гидрографическую сеть (реки, озера, ручьи);
- понижение ската в сторону водоема.

Рассмотрим несколько примеров (рис. 18).

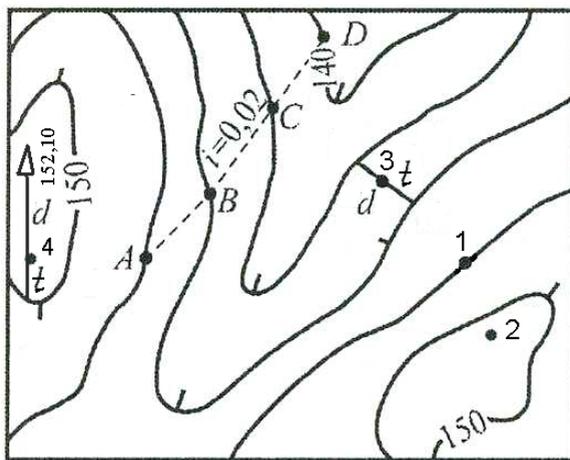


Рис. 18

1. Точка 1 лежит на горизонтали. Ее отметка равна отметке горизонтали $H_1 = 147,5$ м. Чтобы определить отметку горизонтали, необходимо правильно читать рельеф.

2. Точка 3 лежит между горизонталями с разными отметками. В этом случае проводят через точку 3 прямую, нормальную к горизонталям, и измеряют в мм отрезки t и d .

$$H_3 = H_1 + \frac{t}{l} \cdot h_{сеч}, \quad (8.1)$$

где H_1 – высота ближайшей горизонтали с меньшей отметкой; t – кратчайшее расстояние от точки 3 до этой горизонтали; d – заложение ска-та между горизонталями; h – высота сечения рельефа.

Пример: $H_1 = 145,00$ м; $H_2 = 142,50$ м; $h = 2,5$ м; $d = 24$ мм на карте; $t = 6$ мм на карте.

$$H_3 = 142,50 - \frac{6}{24} \cdot 2,5 = 144,87 \text{ м.}$$

3. Высота точки 4, находящейся внутри замкнутой горизонтали, в которой имеется геодезический пункт с известной отметкой:

$$H_4 = H_{зоп} + (H_{\Delta} - H_{зоп}) \frac{t}{d}. \quad (8.2)$$

Пример: $H_{\Delta} = 152,10$ м; $H_{зоп} = 150,00$ м;
 $H_4 = 150,00 + (152,10 - 150,00) \frac{4 \text{ мм}}{14 \text{ мм}} = 150,00 + 0,2 = 150,20$ м.

4. Точка 2 расположена внутри замкнутой горизонтали и является вершиной высоты. Очевидно, что ее отметка H_2 больше отметки гори-зонтальной, окружающей точку, на величину, меньшую высоты сечения рельефа. Можно принять, что отметка H_2 приближенно равна отметке соседней горизонтали плюс одна треть высоты сечения рельефа:

$$H_2 = H_{зоп} + \frac{1}{3} h. \quad (8.3)$$

Пример: $H_{зоп} = 150,00$ м; $h = 2,5$ м;
 $H_2 = 150,00 \text{ м} + 1/3 \times 2,5 \text{ м} = 150,83$ м.

Если точка является дном котловины, ее отметка будет меньше вы-соты ближайшей горизонтали на величину, равную одной трети высоты сечения рельефа.

9. ПОСТРОЕНИЕ ПРОФИЛЯ ПО ЛИНИИ АВ

Профилем называется вертикальный разрез поверхности земли по заданному направлению. Профиль строится по двум значениям численного масштаба. Горизонтальный масштаб принимается равным численному масштабу карты, а вертикальный масштаб принимается в 10 раз крупнее. В задании горизонтальный масштаб профиля 1:10000, вертикальный масштаб 1:1000.

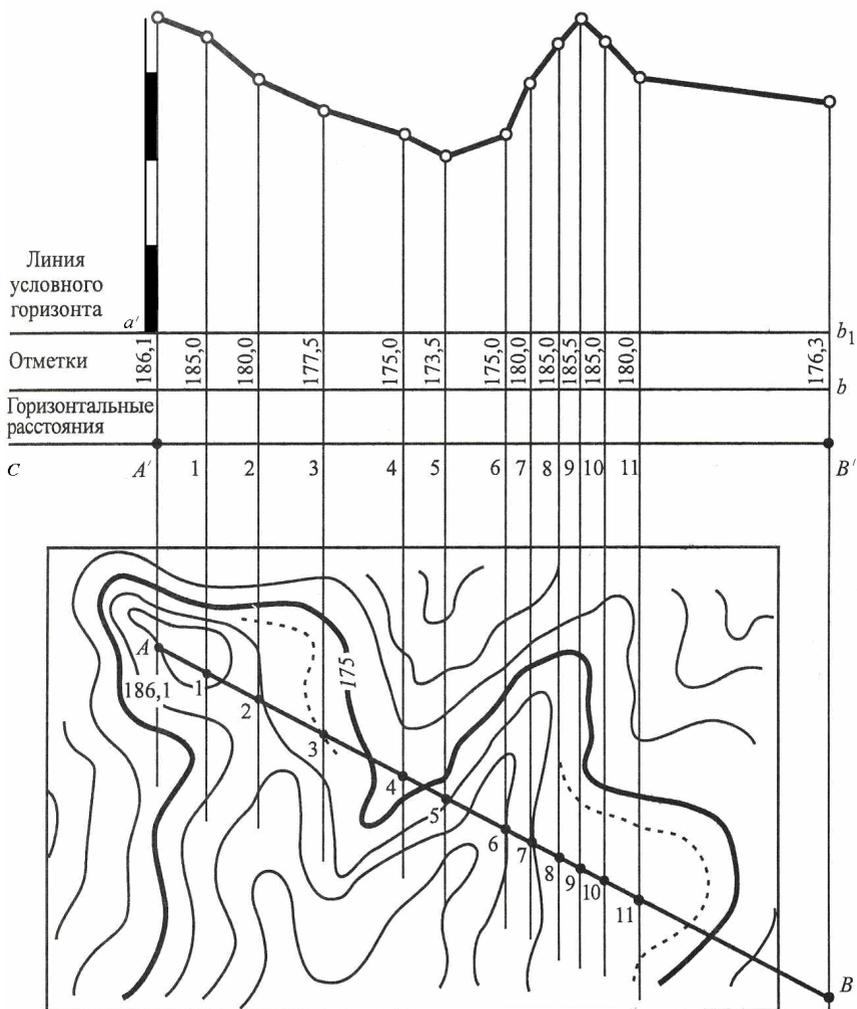


Рис. 19. Построение профиля местности по карте

Профиль строится на листе миллиметровки. Первоначально строится две строки профильной сетки: строка горизонтальных расстояний (1 см) и строка отметок (1,5 см). Расстояние AB соответствует длине отрезка линии 1-2 на карте, размер профильной сетки CA – принять 5 см.

К профильной линии AB на карте приложить полоску бумаги шириной 2–3 см и перенести на ее край короткими штрихами положение точек A , B , а также места пересечения горизонталей с профильной ли-

нией; выписать отметки горизонталей и точек A, B . Затем эту полоску бумаги приложить к строке расстояний профильной сетки на миллиметровке так, чтобы штрих точки A совпал с точкой A' .

Перенести с полоски бумаги на строку расстояний все проекции горизонталей и точки B . Проекция точки B определит положение точки на профильной сетке.

В строку отметок переписать отметки точек A, B и всех горизонталей.

По карте линейкой измерить расстояние между точками A и B и ближайшими к ним горизонталями по профильной линии, а также все расстояния между горизонталями. Расстояние с карты перевести в целое число метров местности и записать в строке расстояния.

К линии условного горизонта (верхней линии профильной сетки) провести перпендикуляр до точки a' и на нем построить шкалу отметок в вертикальном масштабе 1:1000 (в 1 см 10 м). Отметку линии условного горизонта принять меньше на 8–10 м минимальной отметки по строке отметок, округлив ее до десятков метров.

Используя шкалу отметок от линии условного горизонта, по вертикали отложить отметки точек и соединить их ломаной линией, которая и изобразит профиль местности по заданному направлению AB .

10. ПОСТРОЕНИЕ ГРАФИКОВ ЗАЛОЖЕНИЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПО КАРТЕ УГЛОВ НАКЛОНА И УКЛОНОВ СКАТОВ МЕСТНОСТИ

При проектировании каналов, дорог, трубопроводов необходимо иметь точное представление о крутизне скатов местности. Крутизна линии AB местности характеризуется углом наклона ν , который образует линию местности с горизонтальной плоскостью.

Если точки A и B расположены на горизонталях, то, как видно из рис. 20

$$\operatorname{tg} \nu = \frac{h}{d}, \quad (10.1)$$

где h – высота сечения рельефа; d – заложение.

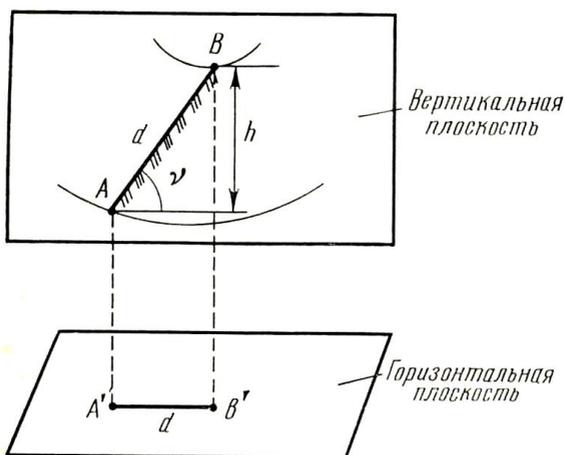


Рис. 20

Например, заложение $d = 40$ м, $h = 0,5$ м. Вычислим $tg v = \frac{0,5 \text{ м}}{40 \text{ м}} = 0,0125$ и угол наклона $v = 0^\circ 43'$.

Горизонтальное расстояние между двумя смежными горизонталями называется заложением d . Из формулы (10.1) следует, что при постоянной высоте сечения рельефа крутизна тем больше, чем меньше заложение. Заложение, нормальное горизонталям, называется заложением ската, а крутизна по этому направлению – крутизной ската.

Крутизна может выражаться уклоном i , под которым понимают тангенс угла наклона линии к горизонту, т. е.

$$i = tg v = \frac{h}{d}. \quad (10.2)$$

Измерив на карте заложение d и зная высоту сечения рельефа, можно по этой формуле вычислить угол наклона v или уклон i .

Для удобства в работе, а также быстрого нахождения v или i в практике обычно пользуются графиками, построенными для определенной высоты сечения рельефа.

1. Построение графика заложений для определения углов наклона скатов местности.

Для высоты сечения $h = 2,5$ м по формуле $d = \frac{h}{tg v}$, задавая v различные значения, рассчитывают заложения d (табл. 7).

Таблица 7

ν	15'	30'	1°	1°30'	2°	2°30'
(м)	573	286	143	96	71,6	57,3

• График строится на миллиметровке. На горизонтальной прямой в произвольном масштабе откладываются углы наклона ν , а на перпендикуляре к ней в масштабе карты 1:10000 откладываются заложения d . Концы этих отрезков соединяют плавной кривой (рис. 21).

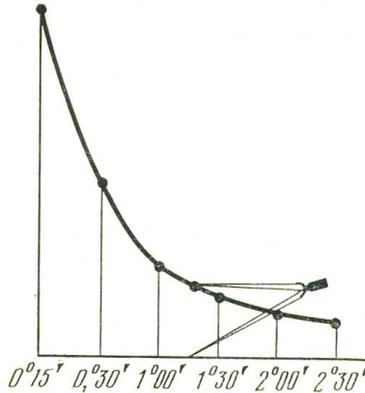


Рис. 21. График заложений в градусах

2. Построение графика заложений для определения величины уклонов ската местности

• Для высоты сечения $h = 2,5$ м по формуле $d = \frac{h}{\operatorname{tg} \nu}$, задавая различные значения i , рассчитывают заложения d (табл. 8).

Таблица 8

$i\%$	5	10	20	30	40	50	60	80	100
d м	500	250	125	83	62	50			

• Здесь уклон i задан в промилле (‰): $i\text{‰} = 1000 \operatorname{tg} \nu$; $1\text{‰} = 0,001 \approx \operatorname{tg} 0^{\circ}03'$, уклон i может быть задан в процентах (%).

• На горизонтальной прямой в масштабе карты 1:10000 откладываются заложения d (м), а на перпендикуляре к ней в произвольном масштабе откладываются уклоны i (рис. 22).

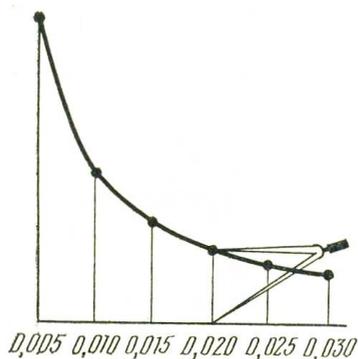


Рис. 22. График заложений в уклонах

11. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРУТИЗНЫ СКАТОВ ПО ЗАДАННОМУ НАПРАВЛЕНИЮ 1-2

Крутизна скатов определяется с помощью построенных в предыдущей задаче графиков заложений: по графику углов наклона — в градусной мере, по графику уклонов — в промилле. По графикам определяются углы наклона и уклоны всех тех заложений заданного направления, которые заключены между двумя соседними горизонталями с разностью отметок 2,5 м. В случаях, когда точка 1 или точка 2 находятся не на горизонталях (в примере точка 1), углы наклона и уклоны на отрезках от этих точек до ближайших горизонталей с помощью графиков не определяются.

Если на каком-то участке заданного направления две соседние горизонтали имеют одинаковые отметки, то $v = i = 0$.

Для определения угла наклона или уклона каждое заложение по заданному направлению 1-2 берется в раствор измерителя и накладывается на график заложений в углах наклона так, чтобы одна ножка была в точке пересечений линий v и d , а вторая — на линии заложений d графика. Измеритель передвигается вверх. При этом одна ножка должна двигаться по линии v , а створ ножек быть строго параллелен линии заложений d . В момент, когда вторая ножка совпадает с кривой графика, по первой ножке считывается угол наклона v . Не изменяя раствора измерителя, аналогично определяют уклон i по графику уклонов для того же отрезка

линии 1-2. Результаты измерений записать в табл. 9 в промежуточную строку между отметками соответствующих горизонталей.

В случае если между основными горизонталями проведены на карте полугоризонтали (пунктирные, при высоте сечения 0,5 м), измерение углов наклона и уклонов производится только между основными горизонталями.

Таблица 9

Отметка горизонталей	Уклон	Угол наклона
170		
167,5		
165,0		
162,5		
162,5		
165		
167,5		
170		
В 172,5 (точка 2)		

Выкопировку горизонталей по направлению 1-2 выполнить на листке кальки и вклеить в отчет. На выкопировке изображение контуров местности не показывать. Измерение ν и i допускается вести с выкопировки.

При отсутствии измерителя определение углов наклона ν и уклонов i с графиков можно сделать непосредственным накладыванием кальки с выкопировкой горизонталей на графики так, чтобы заданное направление 1-2 совпадало или было параллельно линии заложений d . Передвигая в таком положении кальку по графику, совместить последовательно каждое заложение заданного направления 1-2 с линией ν (на графике углов наклона) или i (на графике уклонов) и кривой. Считать с графика ν или i и записать в таблицу.

12. ТРАССИРОВАНИЕ ЛИНИИ ПО КАРТЕ С ЗАДАНЫМ УКЛОНОМ

Трассирование линии производится непосредственно на местности или по картам с горизонталями. Рассмотрим задачу нанесения на план или карту в горизонталях линии заданного предельного уклона.

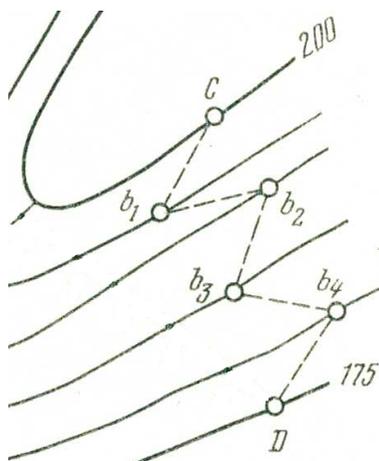


Рис. 23

Допустим, что из точки C (рис. 23) требуется провести кратчайшую линию в точку D так, чтобы уклоны отдельных участков ее не превышали 5%. По условию задачи подъем или падение линии допускается не более 5 м на 100 м горизонтального расстояния. Так как горизонтали проведены на карте через 5 м, то при соблюдении требования 5% уклона расстояние между смежными горизонталями должно быть не более 100 м. Рассчитывают по формуле величину заложения $d = h/i$, где h – высота сечения рельефа. Заложение в масштабе карты берут в раствор циркуля и из точки C этим раствором засекают на соседней горизонтали точку b_1 ; затем из точки b_1 тем же раствором циркуля засекают точку b_2 на следующей горизонтали и так далее. Если раствор циркуля меньше расстояния между горизонталями, то линию проводят по кратчайшему направлению. Соединив все точки, получают ломаную линию с уклоном, не превышающим заданного.

13. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦ ВОДНОГО БАСЕЙНА И ВЫЧИСЛЕНИЕ ЕГО ПЛОЩАДИ

Бассейном называется водосборная площадь местности. Это часть земной поверхности, с которой вода, образующаяся в результате выпадения атмосферных осадков, а также верховая вода по условиям рельефа должна стечь в данный водосток (ручей, река, овраг, балка и т. д.). Границами бассейна служат водораздельные линии.

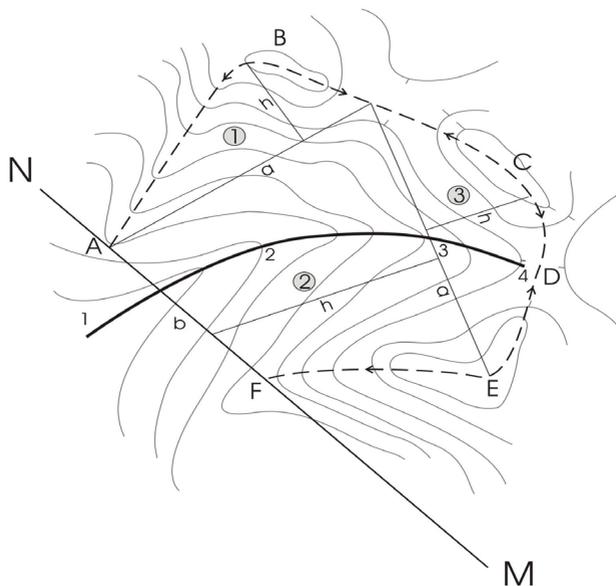


Рис. 24

Водораздельная линия бассейна ABCDEF проведена пунктиром перпендикулярно к горизонталям. Из рис. 24 видно, что водораздельная линия проходит: 1) через вершины к седловинам; 2) от вершин по скату, а затем проходит к заданной линии MN. Линия 1-2-3-4 является водосливной, т. е. она проходит по оси лощины. Ось лощины часто может служить руслом реки или ручья.

После построения границы водосборного бассейна необходимо определить его площадь (например, для расчета искусственных сооружений при постройке дорог, а также для постройки гидротехнических сооружений).

Для определения площади водный бассейн разбивают на элементарные фигуры, например треугольники, трапеции. Затем по известным формулам определяют площадь каждой фигуры, принимая размеры с карты, переведенные в масштаб карты.

Площадь треугольника

$$S_1 = \frac{1}{2} \cdot h \cdot a, \quad (13.1)$$

где h – высота треугольника; a – основание треугольника.

Площадь трапеции

$$S_1 = \frac{a+b}{2} \cdot h, \quad (13.2)$$

где a, b – основания трапеции; h – высота трапеции.

Общая площадь бассейна вычисляется как сумма площадей всех фигур

$$S_{\text{общ}} = S_1 + S_2 + S_3. \quad (13.3)$$

Контрольные вопросы

1. Что такое топографическая карта, топографический план, профиль?
2. Сущность равноугольной поперечно-цилиндрической проекции Гаусса.
3. Различие между астрономическими и геодезическими координатами.
4. Что такое зона и осевой меридиан зоны?
5. Что такое азимут и дирекционный угол?
6. Румбы и их связь с дирекционными углами.
7. Определить номер зоны и долготу осевого меридиана зоны для точек с координатами:
 - 1) $\varphi = 54^{\circ}20'$; $\lambda = 46^{\circ}10'$;
 - 2) $x = 6034$ км, $y = 12580$ км.Западнее или восточнее осевого меридиана зоны находятся эти точки и на каком расстоянии от него?
8. Дирекционный угол линии AB равен 150° . Правый по ходу горизонтальный угол поворота в точке B равен $100^{\circ}07'$. Определить румб линии BC . Определить обратный дирекционный угол и обратный румб линии BC .
9. Магнитный азимут направления AB $120^{\circ}07'$. Сближение меридианов восточное 3° . Определить дирекционный угол и румб направления AB .
10. Что называется масштабом? Как записывается и как расшифровывается численный масштаб?
11. Для чего предназначено графическое представление масштаба? Отличие поперечного масштаба от линейного.
12. Численный масштаб 1:10000.
Расстояние на местности 544 м. На графике поперечного масштаба сколько будет:
 - 1) полных оснований графика;
 - 2) полных делений крайнего левого основания;
 - 3) делений вверх от основания по трансверсали?
13. Что такое точность масштаба? Чему равна точность масштаба 1:500? Точность масштаба 20 сантиметров. Определить масштаб.
14. Площадь строительной площадки на плане в масштабе 1:500 равна 80 см². Определить данную площадь на плане в масштабе 1:2000.

15. Застраиваемый участок площадью 12 га изображен на плане как прямоугольник площадью 480 см². Определить масштаб плана.
16. Что такое горизонталь? Свойства горизонталей.
17. Основные формы рельефа и изображение их на карте горизонталями.
18. Горизонталы основные, утолщенные, дополнительные (вспомогательные), полугоризонталы.
19. Дать определение высоты сечения рельефа, заложения, угла наклона ската местности и уклона.
20. Как построить графики заложений для определения углов наклона и уклона по плану масштаба 1:2000 с высотой сечения рельефа горизонталями через 1 метр?
21. Что такое водораздельные и водосливные линии? Привести примеры.
22. Как построить на карте границы водосборной площади (бассейна) для заданного створа ложины?
23. Дать определение абсолютной и относительной (условной) системы высот. Что принято за начало счета высот в России?
24. Как располагаются подписи отметок горизонталей и для чего горизонталы сопровождаются штрихами?
25. Отметка вершины горы 58,63 м. Определить отметку ближайшей горизонтали, если высота сечения рельефа 0,5 м.
26. Определить отметки горизонталей, которые пройдут между лежащими на одном скате точками A и B с отметками: $H_A = 58,27$ м; $H_B = 53,76$ м. Высота сечения рельефа 1 метр.
27. Определить уклон ската на отрезке AB , если известно: $H_A = 57,2$ м; $H_B = 59,6$ м. Горизонтальное проложение $AB = 120$ м.
28. Как протрассировать линию с заданным уклоном по топографической карте или плану?

Библиографический список

1. Закаатов, П.С. Инженерная геодезия / П.С. Закаатов. – М. : Недра, 1976. – 582 с.
2. Ключин, Е.Б. Инженерная геодезия / Е.Б. Ключин [и др.]. – М. : Academia, 2004. – 479 с.
3. Кулешов, Д.А. Инженерная геодезия / Д.А. Кулешов, Г.Е. Стрельников, Г.Е. Рязанцев. – М. : Картгеоцентр – геодезиздат, 1996. – 303 с.
4. Пятизначные таблицы натуральных значений тригонометрических функций (Главная редакция физико-математической литературы). – М. : Наука, 1978. – 367 с.
5. Условные знаки для топографических планов масштабов 1:500, 1:1000, 1:2000, 1:5000 (Главное управление геодезии и картографии при Совете Министров СССР). – М. : Недра, 1973. – 144 с.
6. Федоров, В.И. Инженерная геодезия / В.И. Федоров, П.И. Шиллов. – М. : Недра, 1982. – 356 с.
7. Федотов, Г.А. Инженерная геодезия / Г.А. Федотов. – М. : Высш. шк., 2009. – 463 с.
8. Хейфец, В.С. Практикум по инженерной геодезии / В.С. Хейфец, Б.Б. Данилевич. – М. : Недра, 1979. – 331 с.

Таблицы длин отрезков для выполнения упражнений
с линейным и поперечным масштабами

№ варианта	Длина горизонтального проложения в метрах местности					
	при пользовании линейным масштабом			при пользовании поперечным масштабом		
1	43,5	79	95,5	12,28	28,52	54,89
2	21	59,5	96,0	9,47	23,42	58,82
3	23,5	56,5	109	10,75	28,36	54,95
4	24	57	108,5	18,96	32,69	56,13
5	28,0	54,5	82,0	15,93	37,22	52,57
6	31,5	49,0	94,5	12,88	27,14	56,81
7	36,5	74,0	114,5	18,87	36,69	53,47
8	41,5	71,0	115,5	17,37	34,55	56,68
9	44,5	72,0	116	9,58	23,74	59,34
10	26,5	51,5	97	17,62	39,88	51,18
11	38	71,5	104	13,44	27,68	56,92
12	45	70,5	117,5	19,83	38,92	50,65
13	34,5	76	113,5	21,27	39,64	59,82
14	45,5	73	118,5	11,81	29,27	55,75
15	25,5	58	99,5	16,74	33,88	59,45
16	19	62,5	111	9,77	22,66	58,18
17	35,5	75	93,5	19,64	38,79	52,84
18	39,5	78	106	11,14	28,85	58,54
19	18,5	65,5	111,5	18,22	37,86	52,86
20	29,5	53,5	101	10,82	29,58	56,74
21	37,5	72,5	115	17,94	39,42	50,38
22	18	67,5	119	13,86	31,52	57,98
23	20,5	90,5	118	17,17	40,64	58,71
24	33	77,5	112,5	26,98	43,69	59,97
25	27	52,5	116,5	9,92	24,47	57,62

Исходные данные для решения задач на масштабы

№ варианта	Задача 1		Задача 2		Задача 3		Задача 4		
	d , мм	D , м	a , мм	l , мм	f , см ²	F , км ²	M_1	P , см ²	M_2
1	14	7	110	24	96	0,0024	1:500	800	1:1000
2	12	6	120	26	88	0,0022	1:1000	100	1:500
3	11	5,5	98	22	72	0,0018	1:500	800	1:2000
4	10	5	84	32	44	0,0011	1:2000	10	1:500
5	7	3,5	78	36	24	0,0006	1:1000	200	1:2000
6	16	8	104	20	28	0,0007	1:500	200	1:1000
7	8	4	102	18	48	0,0012	1:1000	300	1:500
8	9	4,5	108	28	108	0,0027	1:2000	1250	1:5000
9	6	3	112	34	116	0,0029	1:5000	100	1:2000
10	4	2	118	38	36	0,0009	1:1000	2500	1:1000
11	2	4	90	19	8	0,0032	1:5000	10	1:1000
12	8	16	96	21	18	0,0072	1:500	1800	1:5000
13	7	14	94	23	14	0,0056	1:5000	7	1:500
14	5	10	100	25	21	0,0084	1:500	300	1:1000
15	4	8	106	27	23	0,0092	1:500	1600	1:2000
16	6	12	114	29	17	0,0068	1:2000	37,5	1:500
17	3	6	122	31	11	0,0044	1:2000	5	1:500
18	9	18	124	33	19	0,0076	1:1000	3	1:500
19	10	20	138	40	15	0,0060	1:1000	7	1:500
20	12	24	130	35	24	0,0096	1:2000	25	1:5000
21	4	20	142	37	24	0,06	1:5000	8	1:2000
22	5	25	148	39	22	0,055	1:500	36	1:1000
23	3	15	156	44	72	0,18	1:500	44	1:1000
24	7	35	164	42	44	0,11	1:500	320	1:2000
25	6	30	168	41	16	0,04	1:5000	5	1:1000

СОДЕРЖАНИЕ

Порядок выполнения расчетно-графической работы «Решение задач по карте».....	3
1. Масштабы топографических карт и планов.....	4
2. Численный масштаб.....	5
3. Графические масштабы.....	8
4. Определение географических координат точек 1, 2, 3.....	14
5. Определение прямоугольных координат точек 1, 2, 3.....	18
6. Определение дирекционных углов направлений 1-2, 2-3, 3-1 и вычисление румбов указанных направлений.....	22
7. Вычисление истинных и магнитных азимутов направлений 1-2, 2-3, 3-1.....	25
8. Определение высот точек 1, 2, 3.....	27
9. Построение профиля по линии АВ.....	31
10. Построение графиков заложений для определения по карте углов наклона и уклонов скатов местности.....	33
11. Определение крутизны скатов по заданному направлению 1-2.....	36
12. Трассирование линии по карте с заданным уклоном.....	38
13. Определение границ водного бассейна и вычисление его площади.....	39
Контрольные вопросы.....	41
Библиографический список.....	43
Приложения.....	44

Учебное издание

*Грицкив Любовь Николаевна
Мальцева Тамара Геннадьевна*

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПО КАРТЕ

Учебно-методическое пособие
по курсу «Инженерная геодезия»
для студентов строительных специальностей и профилей
всех форм обучения

Редактор *Т.Д. Савенкова*
Технический редактор *З.М. Малявина*
Компьютерная верстка: *Л.В. Сызганцева*
Дизайн обложки: *Г.В. Карасева*

Подписано в печать 22.09.2010. Формат 60×84/16.
Печать оперативная. Усл. п. л. 3,0. Уч.-изд. л. 2,8.
Тираж 180 экз. Заказ № 1-38-09.

Тольяттинский государственный университет
445667, г. Тольятти, ул. Белорусская, 14

