

Министерство образования Республики Беларусь
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра инженерной геодезии

ИЗУЧЕНИЕ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ КАРТ

Методические указания и задания
к расчетно-графической работе
для студентов дневной формы обучения
специальности 1-56 02 01 «Геодезия»

Минск
БНТУ
2011

УДК 528 (084.3-12) (075.8)

ББК 26.12я7

И 39

С о с т а в и т е л и:

М.С. Нестерёнок, А.Ю. Будю, О.Н. Курпиенко

Р е ц е н з е н т ы:

В.П. Подшивалов, А.С. Позняк

Методические указания и задания разработаны в соответствии с типовой программой по предмету «Геодезия» и предназначены для закрепления теоретических знаний по разделу «Изучение топографических карт», приобретения практических навыков по подбору топографических карт на заданную территорию согласно их номенклатуре, освоения условных топографических знаков для изображения ситуации и рельефа земной поверхности, применения топографических карт при ориентировании на местности и проложении маршрутов, в решении типичных инженерных задач по картографическим чертежам.

Издание предназначено для студентов 1 курса дневной формы обучения специальности 1-56 02 01 «Геодезия».

ОБЩИЕ УСЛОВИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

А. Место расчетно-графической работы «Изучение топографических карт» в учебном процессе по изучению дисциплины Геодезия

Расчетно-графическая работа выполняется для усвоения исходных сведений по геодезии, относящихся к графическому отображению объектов земной поверхности на топографических чертежах и использованию последних для освоения типовых инженерно-геодезических задач, решаемых при проектировании и строительстве разнообразных народно-хозяйственных объектов, разработке мероприятий по экологической защите природной среды и др.

Б. Техническое оснащение

1. На аудиторские занятия студентам выдаются: топографические карты и копии их фрагментов, линейки масштабные ЛМП, транспортеры геодезические, таблицы условных топографических знаков и др.

2. Каждый студент по указанию преподавателя должен ксерокопировать:

– фрагмент топографической карты;

3. Каждый студент должен приобрести и использовать по мере надобности:

– инженерный калькулятор;

– тетрадь в клетку 12 стр.;

– бумагу чертежную хорошего качества альбомного формата (около 20×30 см);

– линейку металлическую или пластмассовую, проверенную на точность шкалы, длиной 25–30 см, угольник с четко видимыми миллиметровыми делениями;

– транспортер диаметром не менее 10 см;

– циркуль-измеритель (с игольчатыми наконечниками);

В. Оформление отчета по расчетно-графической работе

Отдельные поэтапные задания студент представляет на текущую проверку и на промежуточные зачеты, оформленными в тетради

или на отдельных листах бумаги вручную или при помощи компьютера. Вручную составленные схемы, поясняющие геометрическую суть расчетов, вычерчиваются под линейку. Надписи на схемах должны быть аккуратными, ровными, выполненными по предварительной разметке.

В окончательный отчет включаются: задание 1 (задачи 1.1, 1,2); задание 2 (задачи 2.1, 2.2; 2,3; 2.4); задание 3 (задача 3.1); задание 3.2 (задачи 3.2.1; 3.2.2; 3.2.3); задание 3,3 (задачи 3.3.1; 3.3.2; 3.3.3); задание 4 (задачи 4.1; 4.2; 4.3); задание 4 (задачи 4,1; 4.2; 4.3); задание 5 (задачи 5.1; 5.2; 5.3; 5.4; 5.5; 5.6; 5.7; 5.8).

Титульный лист отчета приведен в приложении (с. 50).

УЧЕБНЫЕ ЗАДАНИЯ

Задание 1

ИЗУЧЕНИЕ МАСШТАБОВ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ КАРТ

Вводные сведения. Для составления *топографических карт* контуры земной поверхности сначала относят к поверхности земного эллипсоида, а с нее проецируют на горизонтальную плоскость в определенной картографической проекции, при этом контуры изображают в уменьшенном виде, их рисунки обобщают, применяя методы генерализации изображения. Топографические карты создаются в масштабах 1 : 1 000 000 (одна миллионная) и более крупных (1 : 500 000; 1 : 300 000; 1 : 200 000; 1 : 100 000; 1 : 50 000; 1 : 25 000; 1 : 10 000; 1 : 5000), но вследствие искажений проекции масштаб карты выдерживается только для отдельных участков картографируемой территории, а на других участках максимальные отклонения масштаба соответствуют искажениям масштаба картографической проекции не более 1/2000 (т. е. 0,5 м на 1 км).

Топографические планы представляет собой уменьшенное, подобное изображение контуров и рельефа участка местности в ортогональной проекции на горизонтальную плоскость (т. е. без искажений, свойственных картам). Их составляют в масштабах 1 : 5000; 1 : 2000; 1 : 1000; 1 : 500.

Высоты точек и рельеф местности на картах и планах отображаются в Балтийской системе высот.

К картографическим материалам относят также и профили – вертикальные разрезы местности, которые представляют уменьшенное изображение вертикального разреза земной поверхности вдоль выбранного направления.

Масштабы топографических чертежей и профилей представляют в численном виде и в графической форме.

Численный масштаб 1 : М выражает отношение длины отрезка S_{Π} на плане к длине горизонтального проложения S соответствующего отрезка на местности:

$$1 : M = S_{\Pi} : S. \quad (1.1)$$

Знаменатель M численного масштаба характеризует величину уменьшения горизонтальных линий местности при их изображении на плане:

$$M = S : S_{\text{п}}. \quad (1.2)$$

Если $S = 1000$ м, $S_{\text{п}} = 10$ см, то вычисляем $M = 1000 \text{ м} : 10 \text{ см} = 100\,000 \text{ см} : 10 \text{ см} = 10\,000$, т. е. численный масштаб равен $1 : M = 1 : 10\,000$ (одна десятитысячная).

Численный масштаб часто указывается в словесной форме, например «в 1 см – 100 м» – для плана масштаба $1 : 10\,000$.

Линейный масштаб представляет собой отрезок прямой, на котором несколько раз отложен отрезок a , называемый основанием масштаба. На рисунке 1.1, a основание a равно 2 см, левый крайний отрезок разделен наименьшими делениями на 10 равных частей. Для плана масштаба $1 : 5000$ (в 1 см 50 м) основанию, равному 2 см, соответствует расстояние на местности $S = 100$ м, поэтому деления подписаны через 100 м. Каждое наименьшее деление левого крайнего отрезка a кратно 10 м, но десятые доли таких делений (сотые доли основания a) оцениваются визуально и кратны 1 м. Расстояние S_1 , снятое с плана циркулем-измерителем, равно $300 + 30 + 4 = 334$ м.

На рисунке 1.1, b основание $a = 1$ см. Для плана масштаба $1 : 10\,000$ (в 1 см 10 м) отрезок $S_2 = 700 + 60 + 6 = 766$ м.

Поперечный масштаб (рисунок 1.2) предназначен для более точных измерений по карте или плану. Его гравировают на металлических масштабных линейках. Для графического построения поперечного масштаба на бумаге прочерчивают 11 параллельных прямых отрезков через 2,5 или 3 мм. Перпендикулярно им прочерчивают вертикальные линии AC, BD, \dots, KL через расстояния a , равные основанию масштаба. На основаниях AB и CD ставят по десять меток через $0,1a$ долю основания.

Метки B и E соединяют наклонным прямым отрезком, параллельно BE прочерчивают остальные наклонные отрезки. В треугольнике BED длина $ED = 0,1a$. Горизонтальные отрезки $0,01a; 0,02a; \dots, 0,09a; 0,10a$, ограниченные его сторонами, представляют сотые доли основания.

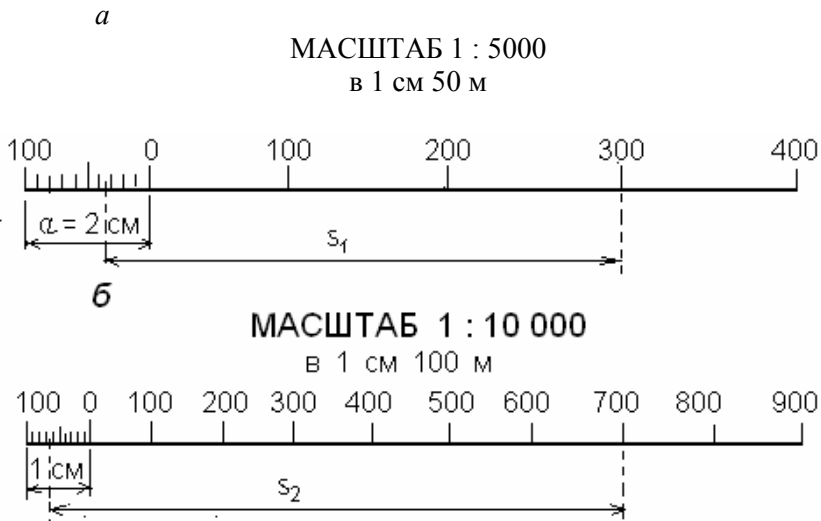


Рисунок 1.1 – Линейные масштабы с основаниями 2 (*a*) и 1 (*б*) см

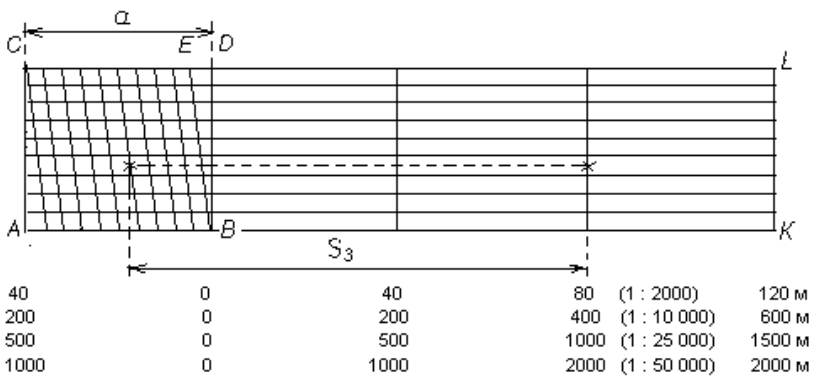


Рисунок 1.2 – Поперечный масштаб

При основании $a = 2$ см (см. рисунок 1.2) для плана масштаба 1 : 2000 (в 1 см 20 м) находим цену основания $a_{ц} = 40$ м и отрезок S_3 в делениях поперечного масштаба $S_3 = 2a_{ц} + 4(0,1a_{ц}) + 3,5(0,01a_{ц}) = 2,435a_{ц}$ или $S_3 = 2,435 \cdot 40 = 97,4$ м. Или же непосредственно по масштабу отсчитываем $S_3 = 80 + 16 + 1,4 = 97,4$ м.

На рисунке 1.2 приведены значения цены деления основания для чертежей масштабов 1 : 2000; 1 : 10 000; 1 : 25 000 и 1 : 50 000.

Точность масштаба t (т. е. графическое разрешение карты, плана) характеризуется горизонтальным отрезком ΔS местности, соответствующим отрезку длиной 0,1 мм = 0,0001 м на плане масштаба 1 : М, т. е.

$$t = 0,0001 \text{ М.} \quad (1.3)$$

Например, для плана масштаба 1 : 25 000 (в 1 см 250 м) точность масштаба будет равна $t = 0,0001 \cdot 25\,000 = 2,5 \text{ м}$.

Погрешности расстояний, измеренных по карте, плану. Вследствие погрешностей съемочных работ, составления карт, печатания их копий, деформаций бумажной основы и др. изображения объектов местности на карте находятся каждое не на своем месте, а со средним отклонением от него $(\delta_{xy})_{\text{п}} \approx 0,2\text{--}0,4 \text{ мм}$ (в отдельных случаях отклонения достигают 0,7–1 мм). Расстояние $S_{\text{п}}$, измеряемое между такими точками по плану (карте) масштаба 1 : М, получается со средней вероятной погрешностью $\delta_{S_{\text{п}}} = (\delta_{xy})_{\text{п}} \sqrt{2} \approx 0,4\text{--}0,6 \text{ мм}$. Средняя погрешность расстояния, измеренного по карте, оценивается по формуле

$$\Delta S = \delta_{S_{\text{п}}} \cdot \text{М} = 0,0005 \text{ М.} \quad (1.4)$$

Например, по карте масштаба 1 : 50 000 расстояния определяются со средней погрешностью $\Delta S = 0,0005 \cdot 50\,000 = 25 \text{ м}$. Если по такой карте с помощью поперечного масштаба измерен отрезок $S_{\text{п}} = 155,3 \text{ мм}$, то на местности $s = S_{\text{п}} \cdot \text{М} = 0,1553 \cdot 50\,000 = 7765 \text{ м}$, и оценка средней погрешности результата составляет $\Delta S = 25 \text{ м}$. Окончательная запись данного результата: $s = 7765 \pm 25 \text{ м}$. Если учитывать неизбежные вероятные графических погрешностей плана, то измеряемые по нему расстояния следует характеризовать выражением

$$s = S_{\text{п}} \text{ М} \pm \delta_{S_{\text{п}}} \text{ М} = S_{\text{п}} \text{ М} \pm 0,0005 \text{ М.} \quad (1.5)$$

Задачи к заданию

Задача 1.1. Измерить расстояния по карте при помощи циркуля-измерителя и линейных масштабов. На листе чертежной бумаги формата, близкого к А4, разместите положение рисунка 1.1 и таблицы 1.1. Начертите линейные масштабы с основанием $a = 1$ см и $a = 2$ см. Требуемая точность графических построений составляет 0,1–0,2 мм, поэтому для работы пригодны линейки, погрешность шкалы которых не превышает 0,2 мм на длину 20 см. Шкала рабочей линейки поверяется сравнением со шкалой проверенной линейки, полученной у преподавателя.

Таблица 1.1 – Измерения расстояний по картам

Студент _____

№ измерения	1 : M =			1 : M =		
	результат измерения по линейному масштабу		расхождение, м	результат измерения по линейному масштабу		расхождение, м
	карты s , м	чертежа s' , м	$s - s'$	карты s , м	чертежа s' , м	$s - s'$
1						
2						
3						
4						
5						

Оцифруйте начерченные линейные масштабы применительно к масштабам топографических карт, полученных для работы. Возьмите в раствор циркуля-измерителя не менее пяти отрезков между парами четко выраженных точек на каждой карте и, пользуясь линейным масштабом, напечатанным внизу карты, определите и запишите значения измеренных расстояний в таблицу вашего отчета, составленную по примеру таблицы 1.1. Те же измерения повторите, пользуясь своим чертежом линейного масштаба.

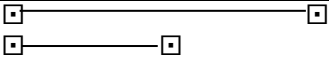
Вычислите расхождения результатов, сделайте выводы о погрешности полученных значений s и s' по отношению к точности масштаба t согласно формуле (1.3).

Дайте оценку скрытым погрешностям результатов S и S' , учитывая вероятные графические неточности карт согласно формулам (1.4) или (1.5).

Задача 1.2. Измерить расстояния по карте при помощи циркуля-измерителя и поперечного масштаба. Как и в задаче 1.1 начертите с максимальной точностью в верхней части листа чертежной бумаги поперечный масштаб согласно рисунку 1.2, а ниже поместите таблицу, формат которой приведен в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Определение расстояний в масштабе карты

Вариант № ____ = L , м. Студент _____

Масштаб карты, плана	Расстояние на местности, S , м	Чертеж отрезка в масштабе 1 : M ; длина, мм S_{Π}
1	2	3
1 : 500	$8,3 + L/3 = \underline{\hspace{1cm}}$ $21,6 - L/4 = \underline{\hspace{1cm}}$	 18,4 мм 9,6 мм
1 : 2000	$49,4 + 2L = \underline{\hspace{1cm}}$ $62,7 + 2L = \underline{\hspace{1cm}}$	
1 : 10 000	$377,5 + 2L = \underline{\hspace{1cm}}$ $264,3 + 2L = \underline{\hspace{1cm}}$	
1 : 25 000	$1226,7 + 2L = \underline{\hspace{1cm}}$ $2054,3 + 2L = \underline{\hspace{1cm}}$	
1 : 50 000	$2850,5 + 4L = \underline{\hspace{1cm}}$ $4015,3 + 4L = \underline{\hspace{1cm}}$	



В графе 2 таблицы запишите значение расстояния на местности $S = S_T \pm nL$, где S_T – указано в той же графе (например $S_T = 8,3$ м); L – число метров, равное номеру вашего варианта заданий.

Отрезки S_{Π} на плане масштаба 1 : M постройте в графе 3 с помощью поперечного масштаба и циркуля-измерителя, как показано для масштаба 1 : 500. Проверьте результаты с помощью линейного масштаба.

ИЗУЧЕНИЕ НОМЕНКЛАТУРЫ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ КАРТ И ПЛАНОВ

Географическая основа номенклатуры топографических карт. Номенклатурой топографических карт различных масштабов называется единая система разграфки и обозначений их листов. В основе номенклатуры лежит разграфка в географических координатах многолистной обзорной топографической карты масштаба 1 : 1 000 000 (одна миллионная) на всю поверхность земного эллипсоида. На рисунке 2.1 представлен фрагмент схемы такой карты.

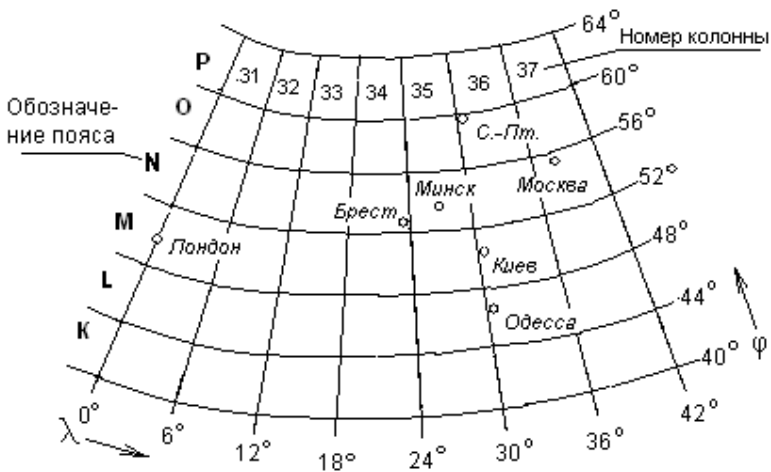


Рисунок 2.1 – К разграфке и номенклатуре листов карты масштаба 1 : 1 000 000

Рамки листов карты масштаба 1 : 1 000 000 являются трапециями, образованными изображениями отрезков меридианов длиной 6° и параллелей длиной 4°. От экватора к северному и южному полюсам трапеции образуют 6-градусные по долготе колонны. Колонны пронумерованы от 1 до 60 на восток, начиная от меридиана с долготой 180°, при этом колонна 31 расположена между меридианами 0 и 6°. Вдоль параллелей трапеции объединены в 4-градусные по широте пояса, обозначенные заглавными латинскими буквами от A до V от экватора к северу и симметрично от экватора к югу.

По схеме находим, что г. Минск ($\lambda \approx 27,6^\circ$; $\varphi \approx 53,8^\circ$) изображается на листе *N-35* обзорной карты масштаба 1 : 1 000 000. Западной и восточной сторонами рамки этой карты служат отрезки изображения меридианов с долготой 24 и 30°, южной и северной сторонами – отрезки изображения параллелей с широтой 52 и 56°.

Отметим, что карта (трапеция) *N-35* относится к 6-градусной координатной зоне № 5.

К обзорным относятся также топографические карты масштабов 1 : 500 000; 1 : 300 000 и 1 : 200 000, рамки которых образуются согласно схеме рисунка 2.5, на которой так же показана система номенклатуры топографических карт масштаба 1 : 100 000 и более крупных.

Номенклатура топографических карт. Для определения номенклатурного обозначения и географического положения листов топографической карты масштаба 1 : 100 000 (одна стотысячная) стороны трапеции масштаба 1 : 1 000 000 разграфляют на 12 равных частей (рисунок 2.2) и, проведя соответствующие меридианы и параллели, получают 144 трапеции (рамки) карт масштаба 1 : 100 000, которые нумеруют по порядку. Номенклатура листов имеет вид *N-35-1*, *N-35-2* и т. д. В градусной мере каждая трапеция равна 20' по широте и 30' по долготе.

На рисунке 2.3 трапеция *N-35-16* изображены отдельно, широты и долготы ее сторон определены по рисунку 2.2: $\varphi_c = 55^\circ 40'$; $\varphi_{ю} = 55^\circ 20'$; $\lambda_з = 25^\circ 30'$; $\lambda_{в} = 26^\circ 00'$.

Рамки карт масштаба 1 : 50 000 (одна пятидесятитысячная) получают разграфкой листов карт масштаба 1 : 100 000 на 4 части, которые обозначают заглавными буквами русского алфавита А, Б, В, Г (рисунок 2.3). Карта *N-35-16-В* ограничена изображениями параллелей с широтами 55° 20' и 55° 30' и меридианов с долготами 25° 30' и 25° 45'

Рамки карт масштаба 1 : 25 000 (одна двадцатипяти тысячная) получают разграфкой листов карты масштаба 1 : 50 000 на 4 части, которые обозначают строчными буквами русского алфавита а, б, в, г (рисунок 2.3, лист Б). Карта *N-35-16-Б-г* очерчена изображениями параллелей с широтами $\varphi_c = 55^\circ 35'$, $\varphi_{ю} = 55^\circ 30'$ и меридианов с долготами $\lambda_з = 25^\circ 52' 30''$, $\lambda_{в} = 26^\circ 00'$.

Рамки карт масштаба 1 : 10 000 (одна десяти тысячная) образуются разграфкой листов карт масштаба 1 : 25 000 на 4 части, которые

обозначены арабскими цифрами от 1 до 4 (рисунок 2.3). Карта N-35-16-Б-г-3 ограничена параллелями с широтами $\varphi_c = 55^\circ 32' 30''$; $\varphi_{ю} = 55^\circ 30'$, меридианами с долготами $\lambda_3 = 25^\circ 52' 30''$; $\lambda_B = 25^\circ 52' 30'' + 3' 45''$.

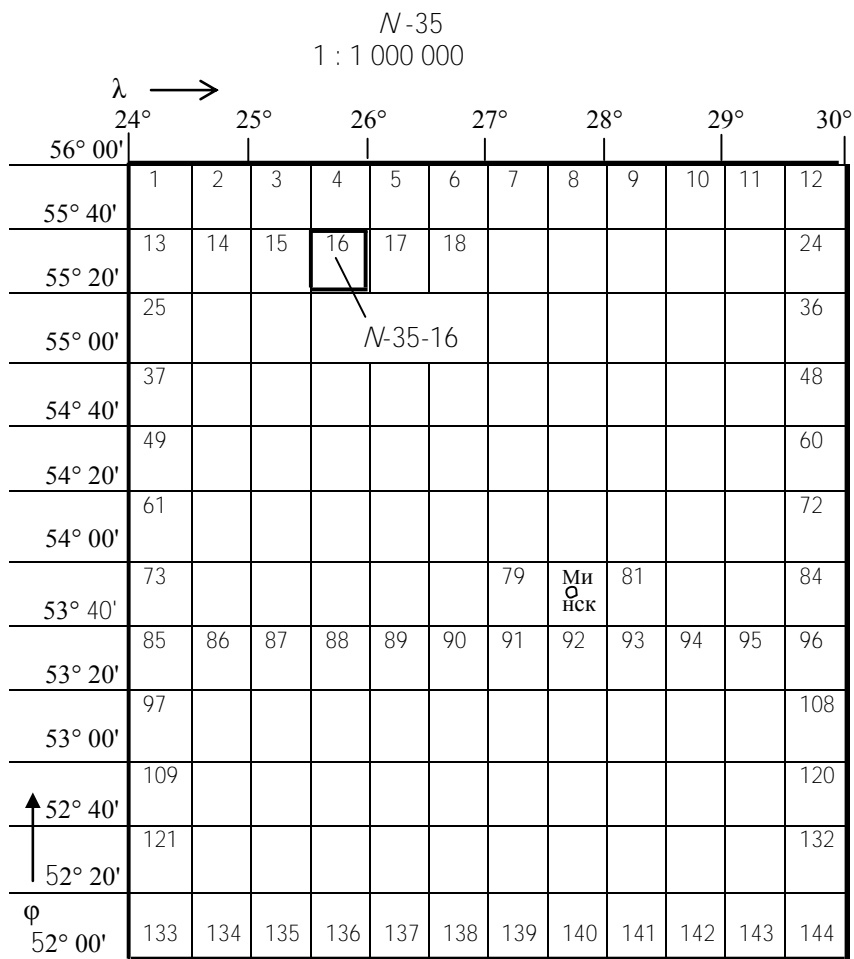


Рисунок 2.2 – Разграфка топографических карт масштаба 1 : 100 000

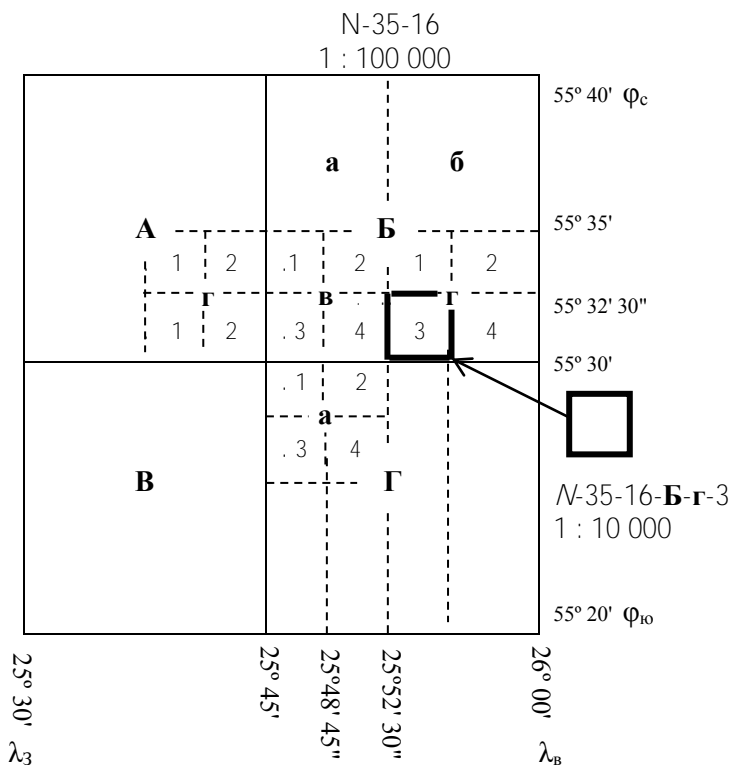


Рисунок 2.3 – Разграфка топографических карт масштабов 1 : 100 000 и 1 : 50 000, 1 : 25 000, 1 : 10 000 (б)

Рамки топографических карт (планов) масштаба 1 : 5000 (одна пятитысячная) образуются разграфкой листов карт масштаба 1 : 100 000 на $(16 \times 16) = 256$ частей (рисунок 2.4, а), каждый план масштаба 1 : 5000 обозначают порядковым номером, заключенным в скобки, например, на рисунке 2.4 показан план N-35-16 (241).

Рамки планов масштаба 1 : 2000 получают разграфкой листа плана масштаба 1 : 5000 на 9 частей, обозначаемых строчными русскими буквами а, б, ... , з, и (рисунок 2.4, б), например N-35-16 (241-е).

Номенклатура топографических планов (планшетов). При топографических съемках территорий и участков застройки площадью до 20 км² в местной системе прямоугольных координат планы

масштаба 1 : 5000 составляют на отдельных листах с размером рамки плана 40×40 см. Листы нумеруют по порядку арабскими цифрами (на рисунке 2.4, *в* показан лист 4). Разграфкой каждого такого листа на 4 равные части получают границы планов масштаба 1 : 2000 размером 50×50 см и обозначают их русскими прописными буквами А, Б, В, Г. Разграфкой планов масштаба 1 : 2000 на 4 равные части получают границы листов плана масштаба 1 : 1000, которые нумеруются римскими цифрами I, II, III, IV, например 4-Б-IV.

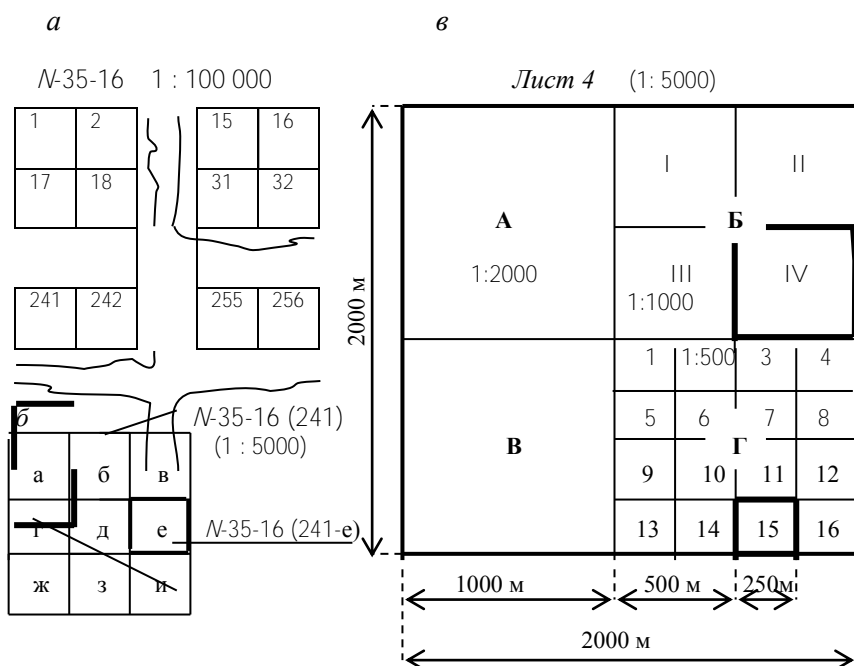


Рисунок 2.4 – Разграфка крупномасштабных топографических карт и планов:
а – 1 : 5000; *б* – 1 : 2000; *в* – 1 : 5000, 1 : 2000, 1 : 1000 и 1 : 500

Разграфкой планов масштаба 1 : 2000 на $4 \times 4 = 16$ частей получают границы планов масштаба 1 : 500, последние обозначаются арабскими цифрами, например 4-Г-15 (см. рисунок 2.4, *б*). Размер рамок 50×50 см одинаков для планов всех масштабов. Планы наклеивают на плоские листы твердой основы и получают планшеты.

В настоящее время разработаны и применяются на практике автоматизированные цифровые технологии создания планов различных масштабов с использованием компьютерной графики.

На рисунке 2.5 приведена схема разграфки топографических карт всех масштабов и размеры их рамок вдоль меридианов и параллелей в градусной мере.

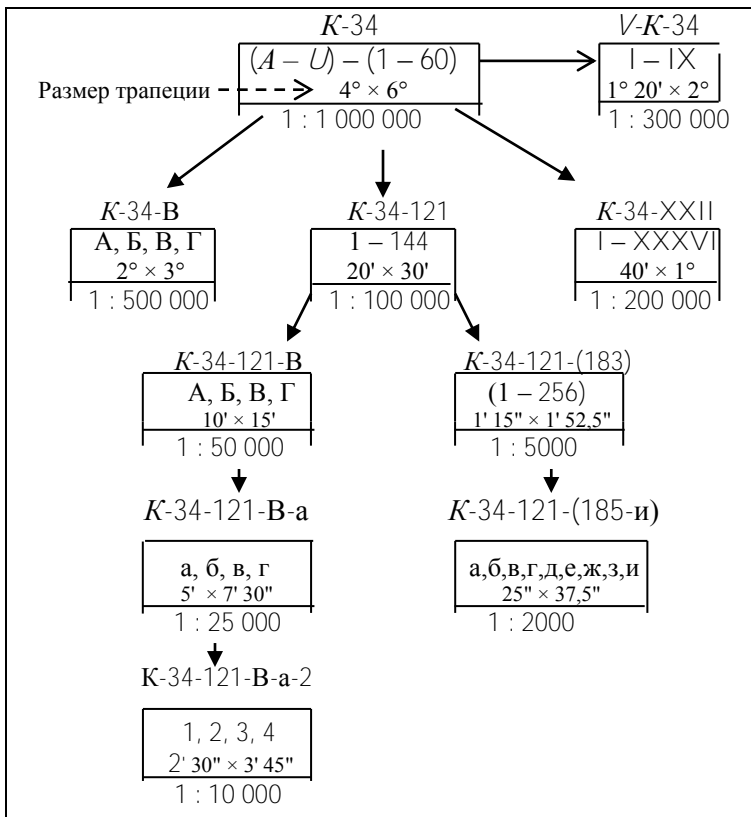


Рисунок 2.5 – Схема разграфки и номенклатурных обозначений топографических карт, размеры трапеций в градусной мере по широте и долготе

Задачи к заданию

Решение задач 2.1, 2.2 и 2.3 осуществляется составлением схем на основе рисунков 2.1–2.4, с учетом рисунка 2.5 и числовых данных, приведенных на названных рисунках. Схемы и результаты решения задач помещаются в отчет студента после проверки преподавателем.

Задача 2.1. Для листа карты, указанного в таблице 2.1, определите:

- а) численный масштаб по номенклатурному обозначению листа;
- б) географические координаты ее углов;
- в) номенклатурное обозначение 4-х смежных листов того же масштаба, расположенных к северу, востоку, югу и западу.

Таблица 2.1 – Исходные данные к задачам 2.1, 4.1

Вариант	Номенклатура карты	Вариант	Номенклатура карты	Вариант	Номенклатура карты
1	<i>N-33-98-Б-в-2</i>	11	<i>N-32-91-Б-г-2</i>	21	<i>N-33-08-А-в-2</i>
2	<i>M-37-13-А-г-4</i>	12	<i>M-37-39-А-в-4</i>	22	<i>M-37-55-Б-г-4</i>
3	<i>L-36-86-Г-а-3</i>	13	<i>L-33-126-Г-а-3</i>	23	<i>L-37-26-Г-б-2</i>
4	<i>O-36-1-Г-г-4</i>	14	<i>O-36-19-А-г-4</i>	24	<i>O-31-64-А-г-3</i>
5	<i>L-33-120-Б-б-2</i>	15	<i>N-35-93-Б-б-2</i>	25	<i>K-32-85-Б-а-1</i>
6	<i>K-34-43-А-в-2</i>	16	<i>O-36-73-А-а-2</i>	26	<i>L-35-49-А-г-4</i>
7	<i>N-37-133-Б-в-2</i>	17	<i>K-35-100-Б-г-2</i>	27	<i>N-34-33-Б-в-2</i>
8	<i>M-31-61-А-а-3</i>	18	<i>M-31-66-А-б-3</i>	28	<i>L-31-05-А-а-1</i>
9	<i>L-34-19-Г-а-3</i>	19	<i>L-36-48-Г-г-3</i>	29	<i>M-36-59-А-г-3</i>
10	<i>O-36-76-Г-а-4</i>	20	<i>O-34-96-А-а-1</i>	30	<i>L-32-46-Г-г-4</i>

Задача 2.2. По известным географическим координатам φ и λ точки K , указанным в таблице 2.2, определите номенклатуру листа топографической карты масштаба 1: 10 000, на котором изображена точка K .

Задача 2.3. Определите номенклатурное обозначение топографической карты масштаба 1 : 5000 и географические координаты ее четырех углов, если данной топографической карте принадлежит точка K , широта φ и долгота λ которой указаны в таблице 2.2.

Задача 2.4. Определите номенклатурное обозначение топографической карты, фрагмент которой показан на рисунке 3.2.

Таблица 2.2 – Исходные данные к задачам 2.2 и 2.3

Вариант	Географические координаты точки K	
	φ	λ
1	52° 18' 41"	12° 17' 42"
2	48° 41' 38"	13° 31' 16"
3	49° 11' 12"	14° 12' 29"
4	55° 21' 54"	15° 22' 14"
5	56° 39' 19"	16° 29' 12"
6	51° 13' 39"	17° 19' 33"
7	49° 51' 55"	18° 57' 51"
8	50° 16' 17"	19° 17' 19"
9	53° 52' 49"	20° 42' 13"
10	54° 15' 34"	21° 14' 05"
11	57° 01' 12"	22° 11' 16"
12	50° 40' 10"	23° 44' 16"
13	49° 53' 08"	24° 23' 18"
14	53° 26' 43"	25° 29' 54"
15	53° 31' 16"	26° 44' 36"

Вариант	Географические координаты точки K	
	φ	λ
16	53° 19' 44"	27° 47' 12"
17	49° 11' 31"	28° 39' 10"
18	47° 22' 52"	29° 52' 49"
19	54° 01' 14"	30° 42' 19"
20	55° 29' 16"	31° 49' 42"
21	54° 33' 32"	32° 15' 23"
22	51° 51' 51"	33° 51' 55"
23	50° 28' 26"	34° 27' 09"
24	55° 52' 19"	35° 44' 43"
25	50° 25' 39"	36° 34' 05"
26	47° 41' 42"	37° 13' 36"
27	50° 10' 10"	38° 34' 46"
28	49° 17' 08"	39° 29' 53"
29	46° 26' 46"	40° 09' 04"
30	54° 44' 14"	41° 24' 31"

ИЗУЧЕНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ СИТУАЦИИ НА ТОПОГРАФИЧЕСКИХ КАРТАХ И ПЛАНАХ

Условные знаки для топографических карт и планов приведены в таблицах [2]. Студенты изучают условные топографические знаки, пользуясь названными таблицами и топографическими картами, усваивают классификацию условных знаков, изложенную в учебниках и в настоящем пункте.

Основные виды условных топографических знаков. На местности ситуация представлена объектами различного очертания и содержания, а на картах и планах ситуация изображается условными знаками следующих видов: площадными, масштабными, внемасштабными, линейными и пояснительными надписями.

Графическая точность (разрешение) карт и планов составляет 0,1 мм, при этом для уверенного распознавания условных знаков требуется, чтобы наиболее мелкие условные фигуры имели размеры не менее 1–2 мм, иногда 0,5 мм.

Площадными (масштабными) условными знаками изображаются объекты, которые на карте (плане) данного масштаба показываются в уменьшенном, подобном виде, а их размеры и площадь можно определить по чертежу. Четкие контуры сооружений изображаются сплошными линиями. Нечеткие контуры земельных угодий (леса, пашни, болота и др.) наносятся пунктиром.

Внемасштабные условные знаки представляют собой преувеличенные изображения компактных объектов, если в масштабе топографического чертежа они принимают размеры, меньшие 1–1,5 мм. Такими объектами в зависимости от масштаба могут быть геодезический пункт, столб, колодец, отдельное здание, крупное сооружение, населенный пункт и т. п. Компактные объекты изображаются внемасштабными знаками в виде кружков, квадратов или треугольников, других фигур размером от 1 до 2–3 мм. Например, ливневой колодец диаметром 1 м на карте масштаба 1 : 5000 (в 1 см 50 м) невозможно показать кружком диаметром 0,2 мм. Здесь согласно [2] применяется условный знак № 177 – кружок диаметром 1,5 мм.

Положение на карте внемасштабного условного знака определяется положением на местности главной точки отображаемого объекта:

а) центром симметрии объекта правильной геометрической формы (геодезический пункт, колодец, водонапорная башня, опора линии электропередачи, строение и др.);

б) серединой основания знаков перспективного изображения высоких объектов (в виде как бы наклоненных дымовых труб, памятников и др.);

в) вершиной прямого угла в основании знака отдельного дерева, ветродвигателя и др.;

г) центром нижней фигуры знака, составленного из нескольких фигур (заводское здание с надстройкой и трубой над ними, производственное здание с антенной башней над ним и др.).

Линейными условными знаками изображаются объекты линейного вида (реки, дороги, ограды, контуры зданий и сооружений, границы угодий и др.). Положение на карте оси линейного знака должно отвечать положению на местности геометрической оси линейного объекта. При этом по ширине линейные условные знаки могут быть масштабными и внемасштабными. Например, в масштабе 1 : 10 000 внемасштабным условным знаком (одной линией) изображаются каналы шириной до 5 м, но при ширине свыше 5 м (0,5 мм на бумаге) они изображаются масштабным знаком – двумя линиями кромки противоположных откосов. Аналогично на карты более мелкого масштаба (1 : 25 000 и мельче) внемасштабными по ширине условными знаками наносятся различные дороги.

Пояснительные условные знаки представляют собой:

а) собственные названия населенных пунктов, рек, озер;

б) сокращенные надписи, характеризующие хозяйственные объекты местности (материал покрытия дорог, вид производства, сельскохозяйственных угодий и др.), перечень которых приведен в таблицах условных знаков;

в) знаки графические с текстовыми и числовыми характеристиками соответствующих объектов (длина, ширина, грузоподъемность мостов, число колеи железной дороги, порода лесонасаждения и средняя высота деревьев, среднее расстояние между ними на момент создания карты, ширина и глубина рек, направление и скорость течения реки, место брода и его глубина и др.).

Задачи к заданию

Задача 3.1. Выполнить описание ситуации по карте. Преподаватель назначает студенту по карте маршрут, вдоль которого требуется дать последовательное описание прилегающей и более удаленной ситуации местности, пользуясь содержанием карты, выраженным условными знаками и пояснительными надписями.

Пример описания маршрута по рис. 3.1.

Маршрут проходит по асфальтированной шоссейной дороге. Ширина покрытой части дороги предположительно составляет 6 м, между кюветами – 10 м. Начальная точка маршрута располагается напротив юго-западного угла сада фруктового, примыкающего к площадке машинно-тракторной мастерской (МТМ). Вдоль ограды сада и МТМ дорога проходит на насыпи высотой 1 м. В 20 м севернее угла ограды МТМ расположен перекресток дорог, к которому с северо-запада примыкает второстепенная асфальтированная дорога и грунтовая дорога с юго-восточного направления. Далее в 60–80 м к северо-западу от шоссейной дороги расположен участок, заросший кустарником. Затем дорога проходит в земляной выемке глубиной 1 м и длиной 15 метров. Далее слева от маршрута в 100–50 м расположены куртины леса необозначенной породы. Вдоль восточной обочины имеется ряд придорожных деревьев.

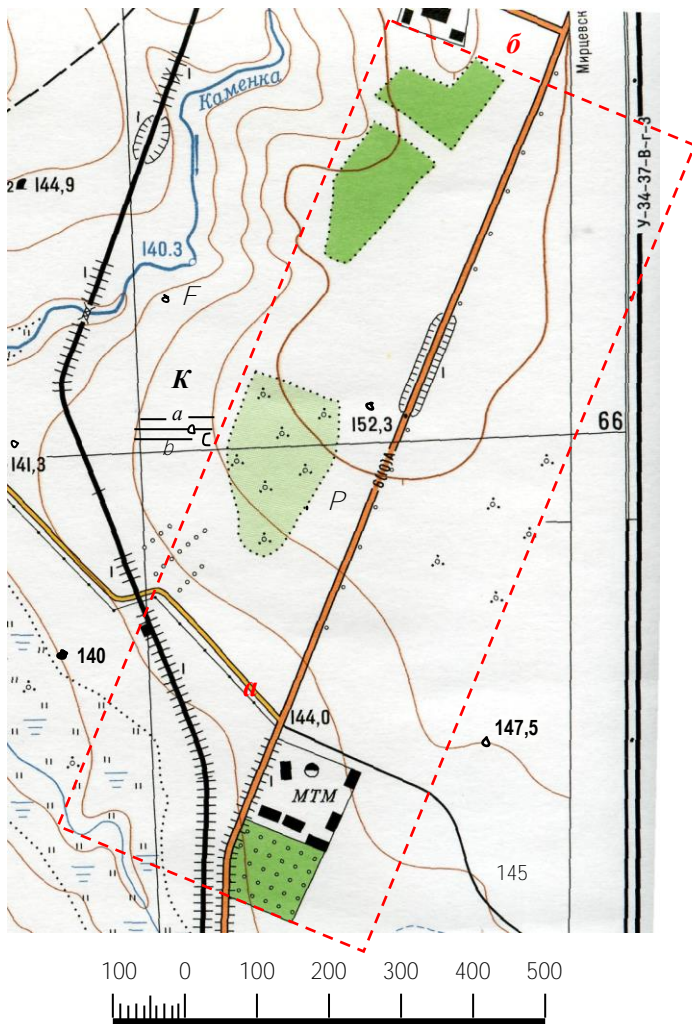


Рисунок 3.1 – Фрагмент листа карты масштаба 1 : 10 000

Задание. 3.2. Определение координат точек по топографической карте

Вводные сведения. На каждой топографической карте указаны географические координаты ее углов. Например, на рисунке 3.2 в юго-западном углу фрагмента карты подписаны широта $\varphi = 54^\circ 40'$ и долгота $\lambda = 18^\circ 00'$ южной и западной сторон рамки карты. На западную и восточную стороны рамки нанесены шкалы с ценой деления $1'$ по широте и долготе в виде линий чередующейся толщины. Шкалы минутных делений могут быть разделены точками на отрезки, кратные десяти секундам (см. рисунок 3.2).

На топографические карты нанесена также километровая сетка прямоугольной зональной системы координат в проекции Гаусса-Крюгера.

Если между северной и южной сторонами рамки на карте соединить однозначные точки делений минут или секунд долготы, то получатся изображения географических меридианов, аналогичные изображениям меридианов, представленных западной и восточной рамками карты.

П р и м е ч а н и е. Устаревшее название географического меридиана «истинный меридиан» не предусмотрено к применению стандартом на геодезические термины и определения (ГОСТ 22268–76).

П р е д у п р е ж д е н и е. Во избежание порчи карт и для prolongation срока их пригодности необходимо избегать прочерчивать на них линии и делать надписи. Соответствующие рекомендации приведены в пояснениях к решению рассматриваемых задач.

Задача 3.2.1. Определить по карте географические координаты точки. Преподаватель отмечает на карте точку A . Пример определения ее географических широты φ_A и долготы λ_A рассмотрен на фрагменте карты (см. рисунок 3.2). При помощи линейки-угольника или циркуля-измерителя находят проекции A_1 и A_2 точки A на шкалы минут и секунд (здесь расстояние AA_2 при помощи циркуля-измерителя отмечено на шкале широт как отрезок A_3A_1 , а расстояние AA_1 на шкале долгот – как отрезок A_3A_2).

Приближенное значение широты точки A_1 (т. е. точки A) находим на глаз: $\varphi_A \approx 54^\circ 41' 13''$; аналогично долготы $\lambda_A \approx 18^\circ 01' 15''$.

Более точные значения географических координат вычисляются по формулам

$$\varphi_A = \varphi_{ю} + \Delta\varphi; \quad \lambda_A = \lambda_3 + \Delta\lambda; \quad (3.1)$$

где $\varphi_{ю} = 54^\circ 41' 10''$ – широта ближайшего к точке A_1 южного деления шкалы широт; $\lambda_3 = 18^\circ 01' 10''$ – долгота ближайшего к точке A_2 западного деления шкалы долгот.

Здесь $\Delta\varphi = 10''(b/a)$; $\Delta\lambda = 10''(c/e)$; где $10''$ – цена наименьшего деления шкалы; при этом измеряются по плану с точностью до 0,1 мм следующие отрезки: b – расстояние от ближайшего южного деления шкалы до точки A_1 ; a – длина деления шкалы широт в $10''$; c – расстояние от ближайшего западного деления шкалы до точки A_2 ; e – длина деления шкалы долгот в $10''$. Например, при $b = 1,8$ мм; $a = 3,7$ мм находим $\Delta\varphi = 10 \cdot 1,2/3,7 = 3,2''$, тогда более точное значение $\varphi_A = 54^\circ 41' 13,2''$.

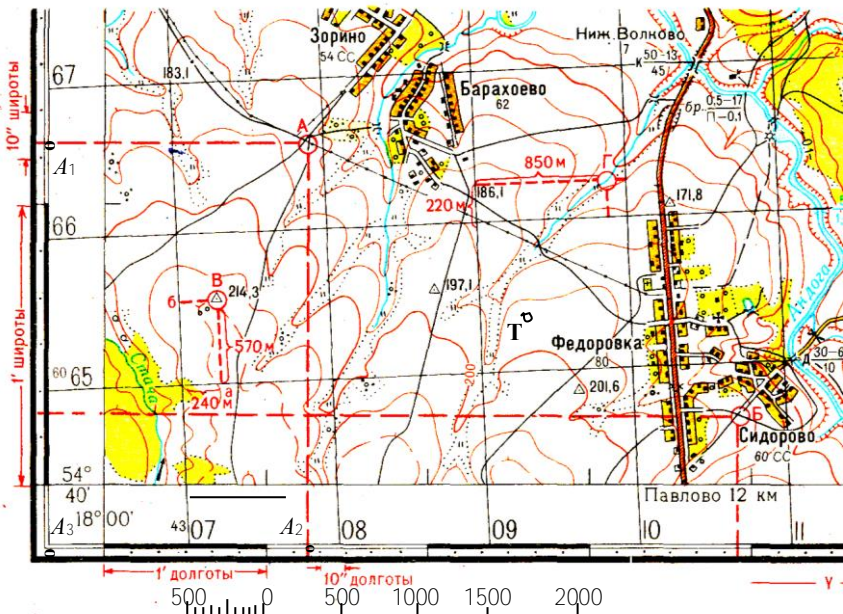


Рисунок 3.2 – Определение координат точек по карте масштаба 1 : 50 000

Задача 3.2.2. Определить по карте прямоугольные координаты точки. Преподаватель отмечает на карте точку Г. Определение ее прямоугольных зональных координат состоит в следующем.

Прямоугольная координатная (километровая) сетка на карту масштаба 1 : 50 000 нанесена с ячейками 2×2 см, оцифрована в километрах (см. рисунок 3.2): на западной стороне рамки значения абсцисс подписаны как $x = 6065; 66; 67$ км, но каждое необходимо учитывать в полной записи, т. е. 6065; 6066; 6067 км. На южной стороне рамки записаны ординаты вертикальных линий километровой сетки $y = 4307; 08; 09$ км и т. д. В записи 4307 цифра 4 представляет номер шестиградусной зоны государственной системы прямоугольных координат; соответственно условные ординаты вертикальных линий должны учитываться как 307; 308; 309 км и т. д.

Для определения прямоугольных координат точки Г (см. рисунок 3.2) находим координаты юго-западного угла квадрата координатной сетки, в котором расположена точка Г: $x_{ю} = 6066$ км; $y_з = 309$ км.

В первом измерении координаты равны

$$x'_Г = x_{ю} + \Delta x_{ю}; \quad y'_Г = y_з + \Delta y_з, \quad (3.2)$$

где отрезки $\Delta x_{ю}$ и $\Delta y_з$ (приращения координат) измеряются по карте по перпендикулярам к координатным линиям при помощи циркуля-измерителя и масштабной линейки. В примере рисунка 3.2 получены $\Delta x_{ю} = 220$ м; $\Delta y_з = 850$ м, тогда $x'_Г = 6060,22$ км; $y'_Г = 309,85$ км (или с указанием номера зоны $y'_Г = 4309,85$ км).

Для контроля и уточнения результатов координаты точки Г необходимо определить относительно северной и восточной сторон квадрата, тогда во втором измерении

$$x''_Г = x_c - \underline{\Delta x}_c; \quad y''_Г = y_в - \underline{\Delta y}_в, \quad (3.3)$$

Если измеренные значения $\Delta x_{ю} = 220$ м, $\underline{\Delta x}_c = 770$ м, то их теоретическая сумма должна равняться 1000 м, но вследствие неизбежных погрешностей измерений по карте фактическая погрешность данной суммы равна ее невязке $f_{\Delta x} = (220 + 770) - 1000 = -10$ м.

Допустимая величина $f_{\Delta x \text{ доп}}$ фактической невязки $f_{\Delta x}$ принимается равной числу тысяч в знаменателе численного масштаба карты, т. е. рассчитывается по формуле

$$f_{x \text{ доп}} = \pm M/1000. \quad (3.4)$$

Здесь, при $1 : M = 1 : 50\,000$ получаем $f_x \text{ доп} = \pm 50$ м. В нашем примере невязка f_x равна -10 м, она меньше $|\pm 50|$ м, поэтому исправляем (уравниваем) измеренные значения $\Delta x_{Ю}$ и $\Delta x_{С}$ так, чтобы их сумма равнялась 1000 м. Для этого разделяем невязку $f_x = -10$ м на две поправки (знак которых противоположен знаку невязки), пропорциональные измеренным величинам $\Delta x_{Ю}$ и $\Delta x_{С}$ и получаем их исправленные значения: $\Delta x_{Ю \text{ испр}} = 220 + 2 = 222$ м; $\Delta x_{С \text{ испр}} = 770 + 8 = 778$ м. Контроль: $222 + 778 = 1000$ м. Окончательная абсцисса точки Г равна $x_G = 6\,066\,000 + 222 = 6\,066\,222$ м.

Аналогично с контролем определяется ордината точки. Например для точки В по рисунку 3.2 измерены приращения координат $\Delta y_B = 250$ м; $\Delta y_3 = 765$ м; здесь невязка $f_y = (250 + 765) - 1000 = +15$ м. Поскольку она меньше допустимой ($f_y \text{ доп} = |\pm 50|$ м), то после ее пропорционального распределения с обратным знаком получаем значения: $\Delta y_B = 250 - 4 = 246$ м; $\Delta y_3 = 765 - 11 = 754$ м. Контроль: $246 + 754 = 1000$ м. Окончательная ордината точки Г приближенно равна $y_G = 4\,309\,000 + 246 = 4\,309\,246$ м.

Задача 3.2.3. Нанести точку на карту по ее географическим или прямоугольным координатам, заданным преподавателем.

Пояснения к решению задачи.

а) Если географические координаты точки Б (см. рисунок 3.2) равны $\varphi = 54^\circ 40' 15''$; $\lambda = 18^\circ 03' 54''$, то на западной и восточной шкалах рамки отмечаем точки с указанной широтой φ , а на северной и южной шкалах рамки находим точки указанной долготы λ , затем с помощью линейки и карандаша определяем положение искомой точки Б в пересечении коротких штрихов на прямых, проходящих через отмеченные на шкалах точки.

б) Известны точные зональные координаты точки В (см. рисунок 3.2): $x = 6\,065\,570$ м, $y = 4\,307\,240$ м. Для нанесения ее на карту сначала по числу целых километров 6065 и 4307 определяем квадрат, в котором находится лежит заданная точка. Затем от южной линии квадрата откладываем циркулем на его боковых сторонах расстояние $\Delta x_{п} = 570/M$. Относительно наколов циркуля при помощи линейки и циркуля-измерителя находим в масштабе карты расстояние $\Delta y_{п} = 240/M$ и наносим точку В. Положение точки В необходимо проверить относительно северной и восточных сторон квадрата: здесь $\Delta x_{пс} = (6\,066\,000 - 6\,065\,570)/M = (1000 - 570) = -430/M$; $\Delta y_{пв} = (308\,000 - 307\,240)/M = (1000 - 240) - 760/M$.

Задание 3.3. Измерение длины линий по карте

Используются следующие пособия и устройства: лист топографической карты, циркуль-измеритель, масштабная линейка или линейный масштаб, курвиметр.

Преподаватель назначает каждому студенту по карте прямую, ломаную и извилистую линии.

Задача 3.3.1. Измерить длины прямых линий.

Пояснения к решению задачи.

Результаты вносятся в таблицу вида таблицы 3.1.

Таблица 3.1 – Результаты измерения по карте прямых линий при помощи циркуля-измерителя

Масштаб карты	Линия	Результат измерения, м		Разности		Средняя длина линии $S_{\text{ср}}$, м
		S_1	S_2	Δs	$\Delta s_{\text{доп}}$	
1:10 000	1:10 000	1030	1035	5	10	1032
1:25 000	1:25 000					
1:50 000	1:50 000					

Длина линии должна быть больше длины линейного масштаба карты. Линия измеряется с помощью циркуля-измерителя, при его растворе не больше 60° . Линию измеряют по частям в прямом и обратном направлениях раствором измерителя, кратным основанию масштаба, например $2a$, $3a$; измеряется также так называемый остаток e , равный части раствора циркуля. Длина линии $s = M(na + e)$, где n – число отрезков a . Разность Δs (в метрах) результатов измерения линии в прямом и обратном направлениях не должна превышать

$$\Delta s_{\text{доп}} = (M/1000)\sqrt{n}; \quad (3.5)$$

где M – знаменатель численного масштаба карты;

n – число установок измерителя при измерении заданной линии.

Измерения производятся по картам разных масштабов.

Задача 3.3.2. Измерить длину ломаной линии.

Пояснение к решению задачи.

Ломаная линия $ab\bar{c}d$ (рисунок 3.3), общая длина которой не превышает допустимый раствор циркуля-измерителя в 60° , может измеряться постепенным ее спрямлением. Для этого устанавливаем иголки циркуля-измерителя в точках a и b . Затем, не изменяя раствора вращаем циркуль вокруг ножки b до тех пор, пока ножка a не окажется на продолжении отрезка $b\bar{c}$ в точке a_1 . После этого, закрепив ножку в точке a_1 , передвигаем ножку b в точку c . Отрезок a_1c равен сумме отрезков ab и $b\bar{c}$. После поворота циркуля с раствором a_1c вокруг точки c на продолжении отрезка $c\bar{d}$ фиксируем иголку в точке a_2 , передвигаем ножку c в точку d . Затем раствором a_2d находим точку a_3 на продолжении отрезка $d\bar{a}$. Отрезок da_3 представляет длину ломаной линии $ab\bar{c}d$. Величину ее определяем по линейному масштабу.

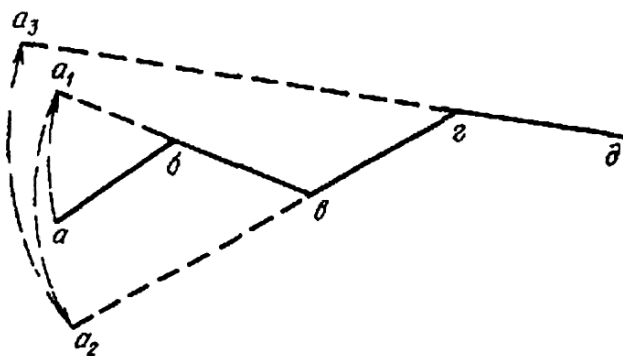


Рисунок 3.3 – Измерение ломаной линии

Для контроля измерение производится в обратном направлении, т. е. от точки d к точке a . Допустимое расхождение между результатами обоих измерений рассчитывается по формуле (3.5).

Измерения производятся по картам разных масштабов.

Объекты для измерений назначает преподаватель.

Результаты измерений записывают в таблицу, составленную по примеру таблицы 3.2, в которой представлены результаты измерения контура ограды машинно-тракторной мастерской вместе с примыкающим к ней фруктовым садом по фрагменту карты на рисунке 3.2.

Таблица 3.2 – Результаты измерения по карте ломаных и извилистых линий при помощи циркуля-измерителя

Масштаб карты	Объект, контур, линия	Измеренная длина, м		n	Разность, м		Среднее S_{cp} , м
		$S_{пр}$	$S_{обр}$		$S_{пр} - S_{обр}$	$\Delta S_{доп}$	
Задача 3.3.2. Измерения ломаной линии							
1:10 000	Ограда	670	680	5	10	22	675
1:25 000							
1:50 000							
Задача 3.3.3. Измерения извилистой линии							
		$L_{пр}$	$L_{обр}$		$L_{пр} - L_{обр}$	$\Delta L_{доп}$	L_{cp} , м
1:10 000							
1:25 000							
1:50 000							

Задача 3.3.3. Измерить длину извилистой линии.

Требуется измерить на картах различных масштабов отрезки извилистых линий: а) при помощи курвиметра; б) при помощи циркуля-измерителя. Отрезки линий задает преподаватель. Результаты измерений оформляются в таблице вида 3.2.

Пояснения к решению задачи.

а) Для измерений на чертежах длины изогнутых линий предназначен механический курвиметр (от лат. *curvus* — изогнутый), показанный на рисунке 3.4. Внизу из корпуса курвиметра выступает зубчатое колесико 1 (датчик пути), которое прокатывают по измеряемой линии. В механическом курвиметре вращение колесика через механическую зубчатую передачу приводит в движение стрелки двух циферблатов, расположенных по одному с двух сторон прибора. На одном циферблате нанесена шкала 2 с ценой деления 1 см на другом – в дюймах.

При прокате колесика 1 по линии на карте масштаба 1 : М берут отсчеты по шкале циферблата в начальной и конечной точках контакта зубчатого колесика с линией. Разность отсчетов выражает длину линии /в см. Протяженность линии на местности вычисляется по формуле

$$L = l \cdot M. \tag{3.6}$$

Измерения необходимо повторить не менее двух-трех раз. Для линий длиной свыше 5 см погрешность результата составляет около

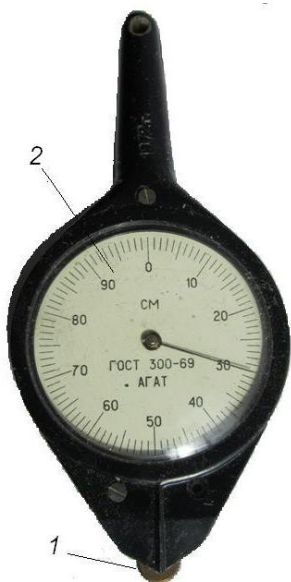


Рисунок 3.4 – Курвиметр

1–0,5 %; для более коротких возрастает до 1–3 % за счет погрешностей установки зубчатого колесика на начальную и конечную точки линии.

б) Длину изогнутой линии можно измерить при помощи *циркуля-измерителя*, снабженного винтом, фиксирующим величину раствора. При измерении по линии последовательно откладывается раствор циркуля r . Длина на местности извилистой линии вычисляется по формуле

$$L = (l_r n + \Delta l_r), \quad (3.7)$$

где n – число перестановок циркуля;

l_r – длина раствора в масштабе карты,

Δl_r – дробная часть последнего отрезка l_r .

Раствор r циркуля выбирается длиной

2–4 мм в зависимости от извилистости измеряемой линии. Значение l_r должно быть определено многократно по линейному масштабу карты.

Измерение длины реки, изображенной на карте двумя линиями, ведут по ее середине.

Измерение производится в прямом и обратном направлениях.

Пример. Требуется измерить длину участка реки Каменка (см. рисунок 3.5) между северным срезом карты и ж/д мостом. Учитывая большую извилистость изображения реки принимаем малый раствор циркуля $r = 2$ мм. Необходимо определить значение длины раствора r в масштабе карты $l_r = a_r M$, для этого последовательно откладываем циркулем отрезок r в пределах длины, например, трех оснований линейного масштаба, т. е. 300 м. Пусть число n отложений составило 15,3 (здесь десятая доля раствора 0,3 оценена на глаз), откуда уточненная величина $l_r = 300 : 15,3 = 19,6$ м. Данный результат необходимо проверить повторным определением значения l_r .

При измерении длины заданного участка реки число перестановок циркуля составило: в прямом направлении $n_{пр} = 34,8$; в обратном $n_{обр} = 33,1$; расхождение результатов $\Delta n = 1,7$ при допустимое расхождении $n_{пр} - n_{обр} = 0,05(n_{пр} + n_{обр}) = \pm 3,5$. Окончательно принимаем $n_{ср} = 33,95$, тогда измеренная по карте длина участка реки $L = l_r n_{ср} = 19,6 \cdot 33,95 \approx 665$ м.

ИЗУЧЕНИЕ ОРИЕНТИРОВАНИЯ

Цель: освоить способы ориентирования на местности.

Пособия и принадлежности: а) при работе на местности: лист топографической карты, компас, визирная линейка, плотная папка-планшет, карандаш; б) на лабораторных занятиях: лист учебной карты, ориентир-буссоль.

Содержание заданий:

- 1) ориентирование линий местности;
- 2) определение ориентирующих углов;
- 3) ориентирование по карте.

Вводные сведения.

Углы ориентирования. Для ориентирования линий в геодезии применяют азимуты, дирекционные углы и румбы.

Азимут – это горизонтальный угол, отсчитанный по ходу часовой стрелки от северного направления меридиана данной точки до направления ориентируемой линии в пределах 0–360°. От северного направления географического меридиана отсчитывают *географический (геодезический) азимут.* (П р и м е ч а н и е: согласно стандарту на геодезические термины отменены устаревшие названия географического меридиана «истинный меридиан» и соответственно «истинный азимут»). От северного направления оси свободной магнитной стрелки отсчитывается условный магнитный азимут в данной точке. Сведения о магнитном склонении, его суточных колебаниях (до 15') и годовом изменении можно получить на ближайшей метеорологической станции. Ориентирование линий по магнитной стрелке производится с ограниченной точностью: от $\pm 0,3$ до $\pm 1^\circ$ и грубее в зависимости от региональных и местных источников возмущений геомагнитного поля.

Дирекционным называют горизонтальный угол, отсчитанный в данной точке от северного направления линии, параллельной оси абсцисс, по ходу часовой стрелки до направления ориентируемой линии в пределах 0–360°. Например, на плоскости в проекции Гаусса–Крюгера дирекционный угол α отсчитывается северного направления осевого меридиана зоны или относительно линий, параллельных осевому меридиану.

В местной системе плоских прямоугольных координат дирекционный угол отсчитывается относительно северного направления частной оси абсцисс или линии ей параллельной. Дирекционный угол сохраняется одно и то же значение в любой точке прямолинейного отрезка.

Прямые и обратные ориентирующие углы. Прямой азимут A_{EK} или же прямой дирекционный угол α_{EK} линии EK отсчитываются в точке E ; но обратный азимут A_{KE} или же обратный дирекционный угол α_{KE} той же линии EK отсчитываются в точке K .

Вследствие взаимной непараллельности географических меридианов (они сходятся в географических полюсах Земли) прямой и обратный географические азимуты A_{EK} и A_{KE} различаются величиной угла γ – сближения меридианов этих точек: $\gamma = (\lambda_K - \lambda_E) \sin \varphi$, где $(\lambda_K - \lambda_E)$ – разность долгот точек E и K ; φ – средняя широта места. Обратный географический азимут линии EK вычисляется по формуле

$$A_{KE} = A_{EK} \pm 180^\circ + \gamma; \quad (0^\circ < A_{KE} < 360^\circ). \quad (4.1)$$

Обратный дирекционный угол отличается от прямого ровно на 180° , т. е.

$$\alpha_{KE} = \alpha_{EK} \pm 180^\circ; \quad (0^\circ < \alpha_{KE} < 360^\circ). \quad (4.2)$$

Прямой и обратный магнитные азимуты линии EK различаются на разность углов δ_E и δ_K склонения магнитной стрелки (найденных для точек E и K с ограниченной точностью)

$$A^m_{KE} = A^m_{EK} \pm 180^\circ + (\delta_K - \delta_E); \quad (0^\circ < A^m_{KE} < 360^\circ). \quad (4.3)$$

Румбом называется горизонтальный острый угол, отсчитанный от ближайшего (северного или южного) исходного направления до направления ориентируемой линии. Румб изменяется в пределах от 0 до 90° , его численное значение дополняется названием четверти по сторонам света, например $r = \text{ЮВ} : 54^\circ 25'$.

В зависимости от исходного направления (географического меридиана или же оси абсцисс, оси магнитной стрелки), различают румбы географические, дирекционные и магнитные. Соотношения между соответствующими румбами и азимутами (дирекционными углами) приведены в таблице 4.1.

Обратный румб r' дирекционного направления отличается от прямого румба r только наименованием четверти, например, если прямой румб $r = СВ : 41^\circ 34'$, то обратный румб $r' = ЮЗ : 41^\circ 34'$. При вычислении обратных румбов географических азимутов следует учитывать сближение меридианов γ .

Таблица 4.1 – Соотношения между азимутами (дирекционными углами) и румбами

Четверть	Вычисление		Численное значение	
	Румба	Азимута	Румба	Азимута
I – СВ	$r_1 = СВ: A_1$	$A_1 = r_1$	СВ : $41^\circ 34'$	$41^\circ 34'$
II – ЮВ	$r_2 = ЮВ:(180^\circ - A_2)$	$A_2 = 180^\circ - r_2$	ЮВ: $42^\circ 58'$	$137^\circ 02'$
III – ЮЗ	$r_3 = ЮЗ:(A_3 - 180^\circ)$	$A_3 = 180^\circ + r_3$	ЮЗ: $60^\circ 12'$	$240^\circ 12'$
IV – СЗ	$r_4 = СЗ:(360^\circ - A_4)$	$A_4 = 360^\circ - r_4$	СЗ : $56^\circ 03'$	$303^\circ 57'$

Ориентирование прямых линий местности

На топографической карте (рисунок 4.1) и на местности направление прямой линии может быть определено: дирекционным углом α , географическим азимутом A и условным магнитным азимутом A_m .

Переход от дирекционного угла к географическому и магнитному азимутам и обратно производится по формулам

$$A = \alpha + \gamma; \quad (4.4)$$

$$A_m = A - \delta; \quad \alpha = A_m + (\delta - \gamma), \quad (4.5)$$

где γ – сближение меридиана данной точки и осевого меридиана зоны, δ – склонение магнитной стрелки.

Формулы (4.5) являются приближенными за счет непрерывного изменения направления магнитных силовых линий Земли и, следовательно, ориентации оси свободной магнитной стрелки.

Сближение среднего меридиана листа карты относительно осевого меридиана соответствующей зоны прямоугольных координат называется зональным сближением среднего меридиана карты. Вычисляется по формуле

$$\gamma = (\lambda_k - \lambda_0) \sin \varphi_{cp}, \quad (4.6)$$

где λ_k – долгота среднего меридиана карты; λ_o – долгота осевого меридиана зоны; φ_{cp} – широта средней параллели карты.

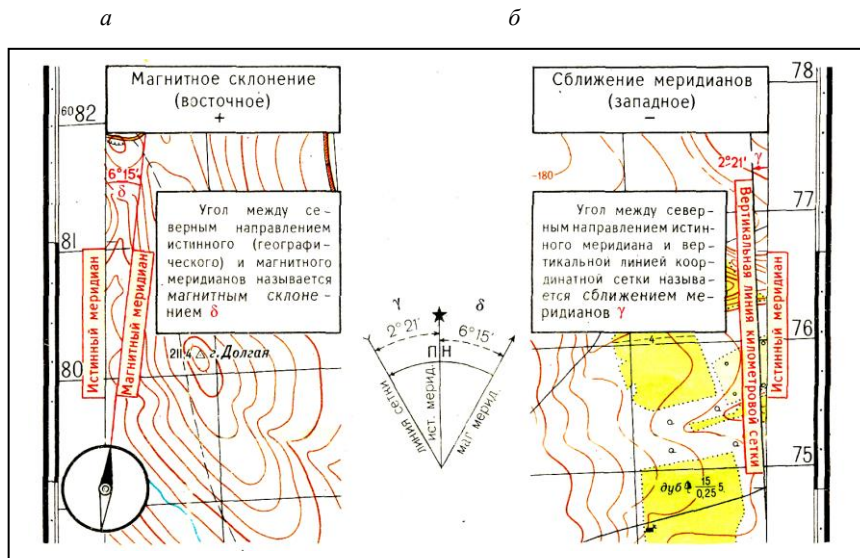


Рисунок 4.1 – Углы ориентирования и их взаимосвязь на карте:
 а – склонение магнитной стрелки; б – сближение меридианов;
 в – схема взаимного положения меридианов

Задачи к заданию

Задача 4.1. Определить сближение меридианов для листа карты, номенклатура которого указана в таблице 2.1.

Пример решения. Для карты N-35-16-Б-г-3 согласно схеме рисунка 2.3 находим долготы западной и восточной сторон рамки: $\lambda_з = 25^{\circ} 52' 30''$; $\lambda_в = 25^{\circ} 56' 15''$, откуда долгота среднего меридиана карты $\lambda_k = 25^{\circ} 54' 22,5'' = 25,906^{\circ}$. Находим по рисунку 2.3 широты южной и северной сторон рамки: $\varphi_с = 55^{\circ} 32' 30''$; $\varphi_ю = 55^{\circ} 30'$, тогда $\varphi_{cp} = 55^{\circ} 31' 15'' = 55,5208^{\circ}$. По рисунку 2.1 определяем $\lambda_o = 27^{\circ}$; по формуле (4.6) вычисляем сближение названных меридианов $\gamma = (25,906^{\circ} - 27^{\circ})\sin 55,5208^{\circ} = (-1,094^{\circ}) \cdot 0,8243 = -0,9018^{\circ} = (-0,9018^{\circ}) \cdot 60 = -54,108' = -(0^{\circ} 54' + 0,108 \cdot 60) = -0^{\circ} 54' 06''$.

Задача 4.2. Определить по карте ориентирующие углы.

На карте назначаются прямые линии, для которых следует определить дирекционный угол, географический и магнитный азимуты.

В примере рисунка 4.2. *дирекционный угол* α_d шоссейной дороги измеряется в точке Д (рисунок 4.2). Для этого нулевой диаметр геодезического транспорта (0–180°) совмещают с вертикальной линией километровой сетки нулем к северу, а центр транспорта – с точкой Д, совмещенной с изображением края дороги. Значение α_d отсчитывается по шкале транспорта. Погрешность результата составляет 0,1–0,2°.

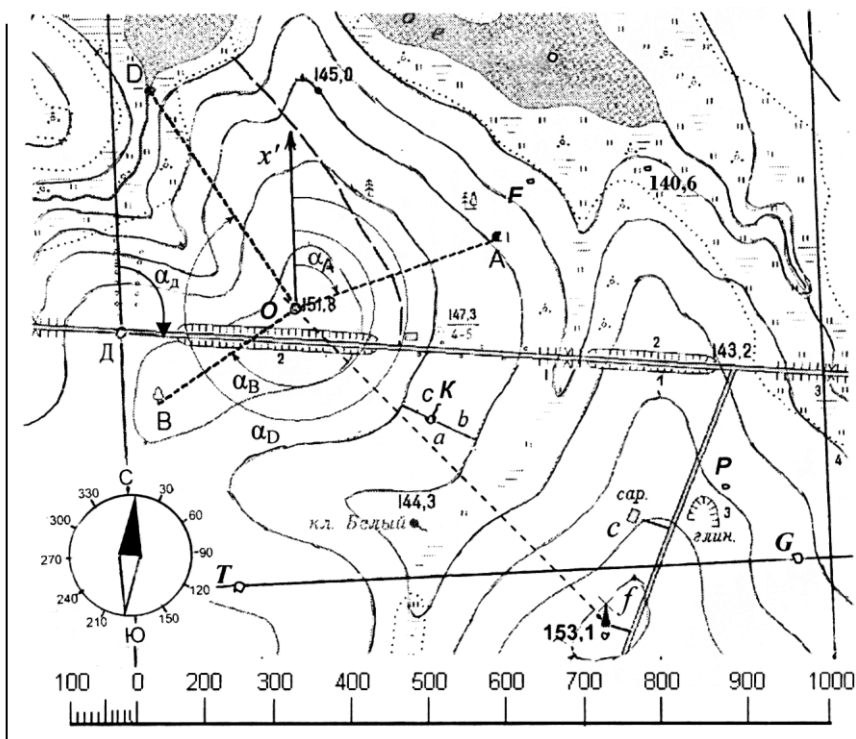


Рисунок 4.2 – Определение по карте дирекционных углов, отметок точек

Для измерения дирекционных углов направлений OA , OB и OD (см. рисунок 4.2) через точку O (совмещенную с меткой вершины холма) на карте следует наметить линию x' , параллельную вертикальной линии километровой сетки. Концы линии x' должны проходить через риски, нанесенные на равных расстояниях от линии сетки.

Сближение меридианов γ и магнитное склонение δ показаны снизу листа карты. В примере рисунка 4.1, $\gamma = -2^\circ 21' = -2,35^\circ$; $\delta = +6^\circ 15' = +6,25^\circ$.

Пользуясь формулами (4.4) и (4.5) получим:

для направления OA $A = 73,2^\circ + (-2,35^\circ) = 70,85^\circ$;

$$A_M = 70,85^\circ - 6,25^\circ = 64,6^\circ ;$$

для направления OB $A = 237^\circ + (-2,35^\circ) = 234,65^\circ$;

$$A_M = 234,65^\circ - 6,25^\circ = 228,4^\circ ;$$

для направления OD $A = 328,5^\circ + (-2,35^\circ) = 326,15^\circ$;

$$A_M = 326,15^\circ - 6,25^\circ = 319,9^\circ .$$

Примечание: географический азимут направления можно изменить транспортиром относительно линии, параллельной меридиональной стороне рамки карты.

Задача 4.3. Ориентировать карту на местности.

На местности ориентирование карты состоит в придании ей такого положения, при котором линии на карте становятся параллельными соответствующим линиям на местности. Каждый студент выполняет ориентирование листа карты в указанной ему точке, Пользуясь заданными ему значениями склонения магнитной стрелки и сближения меридианов.

Ориентировать карту можно по местным предметам и по компасу.

При ориентировании карты по местным предметам могут быть два случая: а) когда наблюдатель находится у изображенного на карте объекта и б) когда точки, в которой производится ориентирование, на карте нет.

Примеры:

1. Находясь на развилке шоссейных дорог вблизи точке с отметкой 143,2 придаем карте (см. рисунок 4.2), укрепленной на планшете, горизонтальное положение, прикладываем визирную линейку к изображению дороги и придаем планшету ориентацию, при которой линия визирования будет параллельной оси дороги на местности. Проверяем ориентацию по второй дороге.

2. Находясь на местности в пункте В (рядом с отдельным деревом – см. рисунок 4.2), с которого на местности виден сарай (с) и ветряная мельница (f), показанные на карте, аналогично ориентиру-

ем карту с помощью визирной линейки по линии «дерево-ветряная мельница» с контролем по направлению «дерево-сарай».

3. Если же лист карты приходится ориентировать в точке, не изображенной на карте, но с этой точки видны 3 – 4 нанесенные на карту ориентира, то на карте можно определить положение этой точки способом А. П. Болотова. Например, на рисунке 4.2 место точки O определяется по ориентирам A , B , D и f . Для этого, находясь на местности в точке O , прочерчивают на прозрачном листе (или кальке), укрепленном на планшете, линии вдоль визирной линейки по направлениям на эти объекты. Затем лист накладывают на карту и добиваются, чтобы прочерченные линии совместились каждая со своей точкой на карте, после чего точка O перекальвается на карту и открывается возможность ориентирования карты.

При ориентировании листа карты с помощью компаса нулевой диаметр его градуированного кольца прикладывают либо к вертикальной линии координатной сетки, либо к ближайшей (восточной или западной) стороне рамки листа. В первом случае лист карты поворачивают до тех пор, пока по северному концу стрелки не будет сделан отсчет, равный поправке $\Pi = \gamma + \delta$. На рисунке 4.2 показан случай, когда нулевой диаметр кольца компаса совмещен с вертикальной линией координатной сетки, а поправка $\Pi = (-2^{\circ} 21') + 6^{\circ} 15' = +8^{\circ} 36' = +8,5^{\circ}$.

При совмещении нулевого диаметра компаса к восточной или западной стороне рамки листа карты, т. е. к изображению географического меридиана, учитывается лишь склонение магнитной стрелки δ .

Задание 5

ИЗУЧЕНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ РЕЛЬЕФА НА ТОПОГРАФИЧЕСКИХ КАРТАХ И РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПО КАРТЕ С ГОРИЗОНТАЛЯМИ

Цель: научиться читать рельеф по горизонталям (линиям равных высот земной поверхности) на карте и решать наиболее часто встречающиеся задачи.

Пособия и принадлежности: топографическая карта, чертежная бумага для построения графиков заложений, миллиметровая бумага для построения профиля, циркуль-измеритель, нормальный поперечный масштаб, треугольник, линейка, карандаш средней твердости.

Преподаватель назначает на карте горизонтали и точки, отметки которых подлежат определению.

Изучение рельефа, изображенного горизонталями

Изучение рельефа по карте начинается с определения направлений повышения и понижения местности по горизонталям плана и относительно подписей высоты точек и положения водных объектов. Рассматриваются следующие признаки:

- 1) бергштрихи на горизонталях всегда направлены в сторону понижения;
- 2) основания цифр (отметок горизонталей) располагаются в направлении понижения ската;
- 3) к водоемам и водостокам местность понижается;
- 4) в одну сторону от горизонталей местность понижается, а в другую повышается;
- 5) горизонтали круто изгибаются на водораздельных линиях хребтов и в тальвегах лощин.

Задачи к заданию

Задача 5.1. Определить высоту сечения рельефа и отметки горизонталей.

Высота сечения рельефа h_c равна установленному типовому расстоянию по высоте между уровнями поверхностями, пересекающими земную поверхность ($h_c = 0,5; 1; 2; 2,5; 5; 10 \dots$ м). Линии таких пересечений на картах изображаются горизонталями – линиями равных высот светло-коричневого цвета. Студент решает задачу самостоятельно.

Примеры решения:

1. Для определения высоты сечения рельефа h_c на карте находят две горизонтали, подписанные их отметками, разность отметок ΔH делят на количество n интервалов между горизонталями, т. е. $h_c = \Delta H / n$.

2. На карте с неподписанными отметками горизонталей (см. рисунок 4.2) находим высотные точки с отметками 153,1 и 143,2 м; здесь разность отметок $\Delta H = 9,9$ м, число горизонталей между точками $m = 4$; величина $\Delta H / m = 2,47$ округляется до типового значения $h_c = 2,5$ м. Результат проверяется по другим отметкам карты относительно соответствующих горизонталей, высоты последних определяются без затруднений.

Задача 5.2. Определить по карте отметки точек.

Студент определяет отметки точек, лежащих на горизонталях и между горизонталями.

Отметка точки K , находящейся между соседними горизонталями, рассчитывается по формуле

$$H_K = H_n + h_c(b/a) \quad \text{или} \quad H_K = H_v - h_c(c/a), \quad (5.1)$$

где H_n – отметка нижней горизонтали; h_c – высота сечения рельефа. Отрезки a , b и c измеряются на карте по кратчайшему направлению между горизонталями с точностью до 0,1 мм (a – заложение; b – расстояние от нижней горизонтали до точки K ; c – расстояние от верхней горизонтали до точки K).

Пример. По рисунку 4.2 для точки K измеряем: $a = 11,2$; $b = 7,0$; $c = 4,2$ мм, тогда $H_K = 145 + 2,5(7,0/11,2) = 145 + 1,6 = 146,6$ м.

На практике отметки точек часто определяются на глаз. Например, для точки F оценка соотношения отрезков между горизонталями $b/a \approx 0,4$ и здесь $H_F \approx 140 + 0,4h_c = 140 + 1,0 \approx 141$ м; отметка точки P $H_P \approx 145 + 0,8h_c = 145 + 2,0 \approx 147$ м.

Аналогично определяются отметки точек K , F и P на рисунке 3.1.

Задача 5.3. Определить по карте крутизну ската и углы наклона произвольно ориентированных отрезков прямых линий.

По карте студент определяет угол наклона и уклон ската между горизонталями и углы наклона нескольких линий.

Пояснения к задаче

Крутизна ската рассматривается в вертикальной плоскости и определяется по карте вдоль кратчайшего расстояния a_3 между двумя соседними горизонталями, которое называется *заложением ската* (рисунки 5.1, a , b). Крутизна ската характеризуется либо углом наклона v , либо уклоном i . На рисунке 5.1, a в направлении TB угол наклона отрицательный ($-v$), в обратном направлении положительный ($+v$).

В общем случае уклон i прямого отрезка линии – это отношение превышения h к горизонтальному проложению s между ее конечными точками, равное тангенсу угла наклона, т. е.

$$i = h/s = \text{tg } v. \quad (5.2)$$

Уклон ската между соседними горизонталями карты

$$i = h_c / (a_3 M) = \operatorname{tg} v, \quad (5.3)$$

где a_3 – длина заложения ската на карте масштаба $1 : M$;

$a_3 M = s$ – горизонтальное проложение заложения на местности

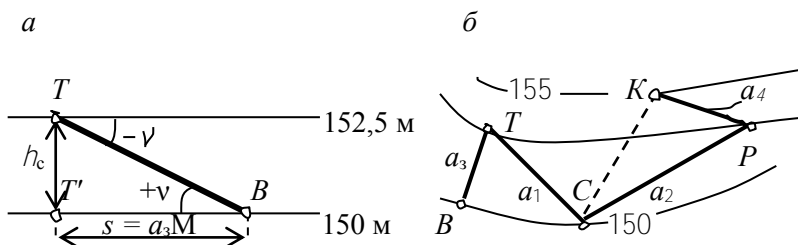


Рисунок 5.1 – Крутизна линий:

a – заложение ската (профиль); b – заложение произвольно направленных отрезков линий на карте между соседними горизонталями ($a_3 = TB$ – заложение ската; a_1, a_2, a_4 – заложения по линиям TC, CP и PK)

Для определения уклона или угла наклона произвольно направленных отрезков TC, CP и PK между соседними горизонталями на карте рассматриваются соответствующие заложения a_1, a_2, a_n (не являющиеся заложением ската).

Угол наклона определяется по величине уклона:

$$v = \operatorname{arc} \operatorname{tg} i \quad \text{или} \quad v = 57,3^\circ (h/s), \quad (5.4)$$

где $57,3^\circ$ – число градусов в радиане; $s = a_n M$ – горизонтальное проложение заложения на местности; a_n – длина отрезка на плане.

По карте можно также определить уклон прямой линии CK , концы которой лежат в произвольно выбранных точках (см. рисунок 5,1, б),

$$i = (H_K - H_C) / (a_{CK} M) = \operatorname{tg} v_{CK}, \quad (5.5)$$

здесь $H_K = 155$ м; $H_C = 150$ м – отметки точек K и C ; a_{CK} – длина отрезка CK на плане.

Графики заложений используют для графического определения углов наклона или уклонов произвольно направленных отрезков,

заключенных между соседними горизонталями карты. На горизонтальной оси графика углов наклона (рисунок 5.2, *а*) через равные отрезки ставят метки и подписывают углы наклона в градусах. От меток проводят вертикальные отрезки – заложения a_n , вычисленные по формуле

$$a_n = (h_c / \operatorname{tg} v) : M. \quad (5.6)$$

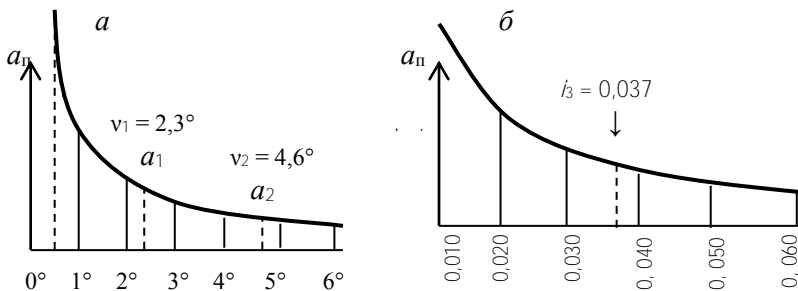


Рисунок 5.2 – Графики заложений:
а – для углов наклона; *б* – для уклонов

Через концы отрезков a_n проводят плавную кривую. В раствор циркуля-измерителя берут с карты заложение a_1 и по графику для углов наклона (см. рисунок 5.2, *а*) определяют угол наклона $v_1 = 2,3^\circ$. Для заложения a_2 $v_2 = 4,6^\circ$.

График заложений для уклонов рассчитывают по формуле

$$a_n = (h_c / i) : M. \quad (5.7)$$

Горизонтальную ось графика (рисунок 5.2, *б*) размечают через выбранные интервалы уклонов, плавную кривую заложений проводят через концы отрезков a_n . Заложение, например a_3 , берут с карты в раствор циркуля-измерителя и по графику определяют искомый уклон $i_3 = 0,0037$.

Погрешности результатов определения угла наклона зависят в первую очередь от неточностей положения горизонталей на карте и составляют десятые доли градуса; при этом погрешности определения уклона достигают значений $\Delta i \approx h_c / (\Delta a_n M)$, где в среднем $\Delta a_n \approx a_n / 8$ – погрешность расстояния между горизонталями на карте.

Задача 5.4. Построить графики углов наклона и уклонов, определить крутизну отрезков линии по карте.

1. Рассчитать заложения $a_{\text{п}}$ для построения графиков углов наклона и уклонов для карты масштаба 1 : 10 000, заполнив таблицу по форме таблицы 5.1.

Таблица 5.1 – Расчетные заложения $a_{\text{п}}$ для составления графиков углов наклона и уклонов для карты 1 : 10 000

Заложения для углов наклона при высоте сечения $h_c = 2,5$ м			Заложения для уклонов при высоте сечения $h_c = 2,5$ м		
угол ν	на местности, м $a = (h_c / \text{tg}\nu)$	на плане $a_{\text{п}} = a : M,$ мм	уклон i	на местности, м $a = h_c / i$	на плане $a_{\text{п}} = a : M,$ мм
0°30'	286	28,6	0,010	250	25
1°			0,020		
2°			0,030		
3°			0,040		
4°			0,050		
5°			0,060		
7°			0,080		
10°			0,100		

2. На чертежной бумаге построить графики заложений для углов наклона и уклонов с графической точностью 0,1–0,2 мм.

3. Выбрать на карте масштаба 1 : 10 000 линию длиной 10–15 см (для примера на рисунке 4.2 отмечена линия TG), по ней определить крутизну участков местности между горизонталями, выраженную в углах наклона и уклонах. Действовать при помощи циркуля-измерителя и составленных соответствующих графиков. Результаты изложить в табличной форме.

Задача 5.5. Выполнить описание рельефа вдоль маршрута, указанного на карте.

Характеристики рельефа вдоль маршрута, заданного на карте, производятся словесным описанием и (или) посредством построения продольного профиля маршрута.

Пример описания рельефа вдоль маршрута. На карте (рисунок 5.3, *a*) с высотой сечения рельефа $h_c = 10$ м маршрут задан линией АБ. Начальная точка А с отметкой 150 м находится на прибрежном скате к реке Андога, приблизительная отметка ее водной поверхности составляет 140 м. Далее по маршруту точка В находится на окончании крутого подъема от реки к холму.

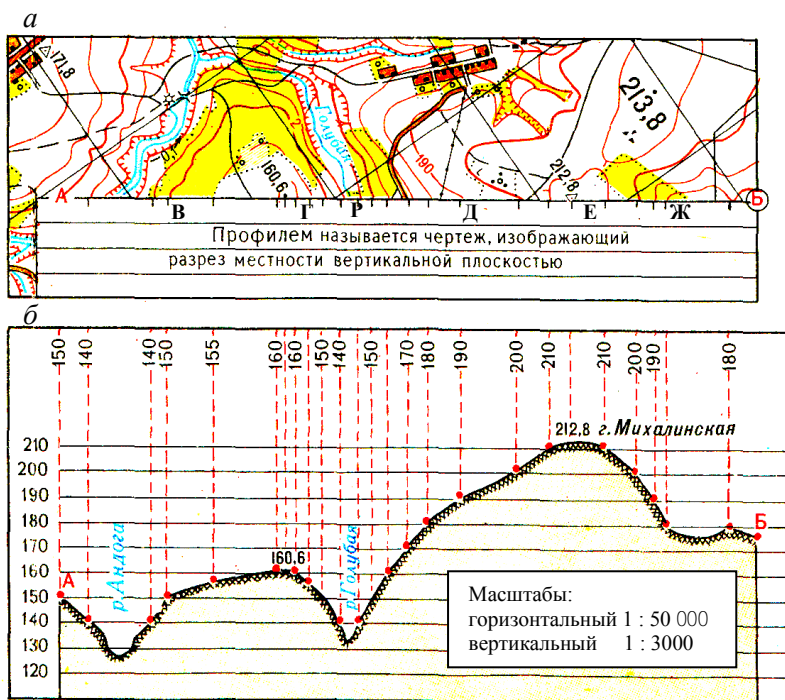


Рисунок 5.3 – Построение профиля по карте:
a – фрагмент карты; *б* – профиль местности по линии АБ

От точки В к вершине холма Г (ее отметка 160,6 м) подъем более пологий, затем по склону холма отметки понижаются до реки Голубой в точке с отметкой берегов около 140 м.

Далее отметки земли значительно возрастают до точки Д, затем крутизна ската уменьшается вплоть до южной вершины Е горы Михалинская (высота 212,8 м), после которой отметки земли понижа-

ются до 180 м в точке Ж. На конечном участке маршрута ЖБ колебания отметок земли относительно невелики.

Наибольшей крутизной характеризуются прибрежные склоны к реке Голубой на участке ГД между горизонталями с отметками 160 и 140 м; здесь на отрезке ГР превышение $h = 20$ м; $s = 250$ м, откуда угол наклона $v = \arctg (h/s) \approx 4,6^\circ$, а на отрезке $s = 250$ м противоположного склона $h = 30$ м, здесь $v \approx 6,8^\circ$.

Задача 5.6. Построить профиль земной поверхности.

Для линии, указанной преподавателем на карте масштаба $1 : M$, построить профиль (вертикальный разрез земной поверхности).

Пояснения к решению задачи.

С целью повышения выразительности чертежа, иллюстрирующего неровности земной поверхности вдоль заданного направления, масштаб вертикальных линий принимается в несколько раз крупнее горизонтального масштаба профиля в зависимости от задачи, решаемой с помощью профиля. Например, на рисунке 5.3, б профиль местности по линии АВ составлен в масштабах: горизонтальном $1 : M_{\text{г}} = 1 : 50\,000$, вертикальном $1 : M_{\text{в}} = 1 : 3000$, здесь вертикальный масштаб крупнее горизонтального в 16,6 раза.

Для решения инженерных задач вертикальный масштаб профиля обычно принимается в 10 раз крупнее горизонтального, как показано на рисунке 5.4, на котором горизонтальный масштаб профиля равен масштабу карты.

Построение профиля для линии АВ, отмеченной на карте (см. рисунок 5.4, а), начинается с нанесения на миллиметровую бумагу основания профиля – строки «отметки земли» шириной 15 мм (см. рисунок 5.4, б). На верхней линии строки отмечается начальная точка H_A , от нее с карты переносится положение точек пересечения горизонталей на линии АВ, взятое с карты при помощи циркуля-измерителя. В строке записываются отметки земли для названных точек, определенные по карте. Верхней линии $H_A H_B$ придается отметка условного горизонта с расчетом, чтобы линия профиля размещалась выше основания профиля на 3–4 см. Горизонтальные сантиметровые линии миллиметровой сетки подписаны соответственно отметкам земли с учетом вертикального масштаба $1 : 1000$ (в 1 см 10 м) отметками 200; 210 и 220 м.

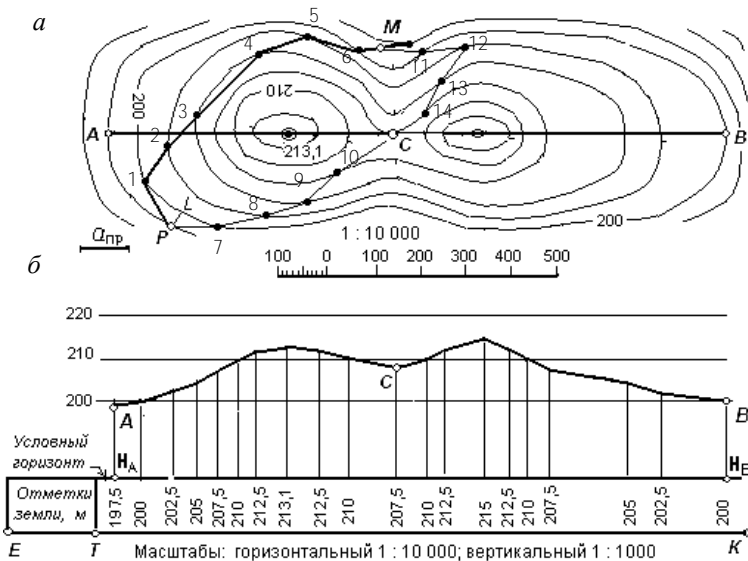


Рисунок 5.4 – К составлению профиля по топографической карте:
a – фрагмент карты; *б* – профиль

На вертикальные линии миллиметровки, проходящие через метки, наносятся точки земли (с учетом масштаба «в 1 мм 1 м») с погрешностью 0,1 мм. Нанесенные точки соединяются прямыми отрезками. Искомый профиль выражается ломаной линией (см. рисунок 5.4, *б*).

В примере рисунка 5.3, *б* линия профиля сглажена.

Задача 5.7. Определить видимость между точками местности.

Рассматриваемая задача наглядно решается при помощи профиля местности между заданными точками. Преподаватель задает конечные точки маршрута на карте масштаба 1 : М. Студент строит профиль и определяет по профилю видимость для двух или трех пар точек и высоты препятствий.

На примере профилей рисунков 5.3 и 5.4 нетрудно найти решение такой задачи. Для определения высоты препятствия через соответствующие точки профиля прочерчивается прямая линия.

Задача 5.7. Нанести на карту между двумя фиксированными точками ломаную линию земли с уклонами, не превышающими заданной предельной величины.

Задача решается на ксерокопии фрагмента карты с выраженным рельефом. Положение линии следует выбирать по более короткому маршруту. Из не менее двух вариантов линии выбирается лучший по показателям минимальных длины и изломанности.

Решение задачи показано на рисунке 5.4, *a*. Искомые ломаные линии, соединяющие точки *P* и *M*, представлены последовательно построенными отрезками, уклон каждого из них может быть меньше, но не должен быть больше предельного значения $i_{\text{пред}}$. Предельному уклону соответствует предельное заложение $a_{\text{пр}}$ отрезков между соседними горизонталями в масштабе карты

$$a_{\text{пр}} = (h_c / i_{\text{пред}}) : M \text{ или } a_{\text{пр}} = (h_c / \text{tg } v_{\text{пред}}) : M, \quad (5.8)$$

где $i_{\text{пред}}$ и $v_{\text{пред}}$ – предельные уклон и угол наклона отрезка линии земли.

В примере рисунка 5.4, *a* принято $i_{\text{пред}} = 0,025$, здесь при $h_c = 2,5$ м; $M = 10\ 000$ найдено $a_{\text{пр}} = 0,01$ м = 10 мм. Предельному значению $i_{\text{пред}}$ соответствует угол наклона $v_{\text{пред}} = \text{arc tg } (h_c / a_{\text{пр}} \cdot M) = 1,432^\circ$.

Отметим по рисунку 5.4, *a*, что вдоль горизонтали *P-A* уклон равен нулю, а крутизна ската на отрезке *PL* поперек горизонталей превышает предельное значение $i_{\text{пред}}$ поскольку расстояние *PL* между горизонталями меньше отрезка $a_{\text{пр}}$.

При решении задачи отрезок $a_{\text{пр}}$ берется в раствор циркуля измерителя и от точки *P*, лежащей на горизонтали, засекается соседняя горизонталь в точке 1, этим определяется положение отрезка *P-1* предельно допустимого уклона. Далее заданным раствором циркуля последовательно засекается положение точек 2 и 3 ломаной линии. На участке 3–4 существуют условия для получения отрезка с уклоном меньше допустимого и сопряжения прочерченной ломаной линии со встречным участком ломаной линии *PM*.

При построении встречной части ломаной линии от точки *M*, которая лежит между горизонталями, иголки циркуля-измерителя совмещаем с соседними горизонталями так, чтобы точка *M* находилась на отрезке $a_{\text{пр}}$ и получаем точку 6. От нее переходим к точке 5, от точки 5 – к точке 4. Соединяем точки 4 и 3.

Второй вариант ломаной линии $P-8-9-...-12-11-M$, отличается от предыдущего тем, что трасса получается более длинной и в точке 12 резко изломана. По показателю меньшей длины и отсутствию резких изломов первый вариант трассы лучше второго. Возможны и иные варианты нанесения ломаной линии PM .

В инженерной практике рассматриваемая задача может использоваться, например, для разработки проекта трассы сооружения, совмещаемого с поверхностью земли, уклоны которого не должны превышать заданных предельных значений.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Чем различаются планы и карты?
2. Как составляется профиль местности?
3. В чем состоят особенности и назначение численного, линейного и поперечного масштабов?
4. Назовите предельную графическую точность карт масштабов 1 : 5000; 1 : 10 000; 1 : 50 000 и 1 : 100 000.
5. Оцените точность линейного и поперечного масштабов при измерениях линий на планах и картах 1 : 500; 1 : 2000; 1 : 10 000; 1 : 50 000 и 1 : 100 000.
6. С какой вероятной погрешностью измеряют расстояния по плану или карте?
7. Определите долготу меридианов и широту параллелей, образующих рамку карты с номенклатурой М-41-27-Б-г-3.
8. Почему координатная километровая сетка на топографической карте не параллельна сторонам рамки карты?
9. Опишите характеристики основных групп условных знаков для топографических планов и карт.
10. Определите понятие горизонтали и изобразите горизонталями основные формы рельефа.
11. Опишите содержание терминов: *высота сечения рельефа, заложение, крутизна ската, его угол наклона и уклон*.
12. Определите по карте с помощью графиков заложений угол наклона и уклон отрезков между горизонталями: 1) вдоль ската; 2) вдоль горизонтали; 3) под углом к горизонталям.

13. Вычислите уклон и угол наклона отрезка $AB = 100,00$ м на местности, если $H_A = 105,44$ м; $H_B = 106,64$ м.

14. Скопируйте на восковку горизонтали с карты масштаба $1 : 10\,000$ или имеющегося плана и составьте профиль по линии, проходящей через выраженный рельеф..

15. На ту же копию нанесите ломаную линию, отрезки которой должны быть с уклоном, не большим допустимого $i_{\text{доп}} = 0,019$.

16. По рисунку 3.2 определите географические и зональные прямоугольные координаты, а также и высоту (отметку) точки Т.

17. Укажите, относительно какой исходной линии отсчитывается дирекционный угол в зональной и местной системах прямоугольных координат.

18. Раскройте способы ориентирования карт и планов на местности.

19. Опишите способы нанесения на карту места стояния наблюдателя на местности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Практикум по геодезии / под ред. В.В. Бакановой. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1983.
2. Условные топографические знаки для масштабов 1 : 5000, 1 : 2000, 1 : 1000, 1 : 500. – М.: Недра, 1980.
3. Маслов, А.В. Геодезия / А.В. Маслов, А.В. Гордеев, Ю.Г. Батраков. – М.: Недра, 2006.
4. Подшивалов, В.П. Инженерная геодезия / В.П. Подшивалов, М.С. Нестеренок. – Минск: Вышэйшая школа, 2011.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Титульный лист отчета заполняется по всей его высоте

ОТЧЕТ

по расчетно-графической работе

Изучение топографических карт

Вариант № __

Исполнитель: студент 1 курса, гр. № _____

ФИО, личная подпись

Оценка _____

Должность, ФИО преподавателя

« » _____ 20__ г.

СОДЕРЖАНИЕ

Общие условия выполнения работы.	3
Учебные задания.	4
Задание 1. Изучение масштабов топографических карт.	4
Задание 2. Изучение номенклатуры топографических карт и планов.	11
Задание 3. Изучение изображения ситуации на топографических картах и планах.	19
Задание 4. Изучение ориентирования.	31
Задание 5. Изучение изображения рельефа на топографических картах и решение задач по карте с горизонталями.	37
Вопросы и задания для самопроверки.	47
Литература.	49
Приложение.	50

Учебное издание

ИЗУЧЕНИЕ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ КАРТ

Методические указания и задания
к расчетно-графической работе
для студентов дневной формы обучения
специальности 1-56 02 01 «Геодезия»

С о с т а в и т е л и:

НЕСТЕРЁНОК Маргарита Сергеевна
БУДО Андрей Юрьевич
КУПРИЕНКО Олег Николаевич

Технический редактор О.В. Песенько
Компьютерная верстка Н.А. Школьниковой

Подписано в печать 15.07.2011.

Формат 60×84¹/₁₆. Бумага офсетная.

Отпечатано на ризографе. Гарнитура Таймс.

Усл. печ. л. 3,02. Уч.-изд. л. 2,36. Тираж 100. Заказ 564.

Издатель и полиграфическое исполнение:

Белорусский национальный технический университет.

ЛИ № 02330/0494349 от 16.03.2009.

Проспект Независимости, 65. 220013, Минск.