

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

БРЕСТСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Кафедра оснований, фундаментов, инженерной
геологии и геодезии

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

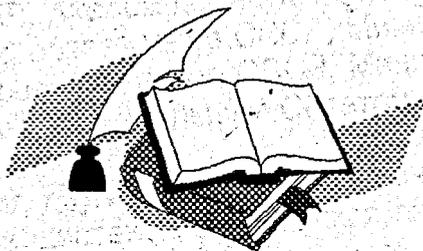
ПО ДИСЦИПЛИНЕ:

«Инженерная геодезия»

Методические указания

Часть I

«Топографические карты, планы и
работа с ними»



Брест 1997

В указаниях изложены требования к обработке результатов измерений, полученных в процессе выполнения лабораторных работ. Дана методика выполнения лабораторных работ

Настоящие указания являются практическим руководством при выполнении работ и предназначены для студентов специальностей: Т.19.01 «Промышленное и гражданское строительство», Г.11.15 «Архитектура», Т.19.02 «Производство строительных изделий и конструкций», Т.19.06 «Водоснабжение, водоотведение, очистка природных и сточных вод», С.04.02 «Мелиорация и водное хозяйство», Одобрены кафедрой оснований, фундаментов, инженерной геологии и геодезии 13 февраля 1996 года, протокол №5.

Составители: А. М. Зеленский, доцент, к.т.н.,
Г. В. Фолитар, ст. преподаватель

Рецензент: С. К. Мурза, главный геодезист стройтреста №8

Лабораторная работа №1

ПЛАН, КАРТА, МАСШТАБЫ

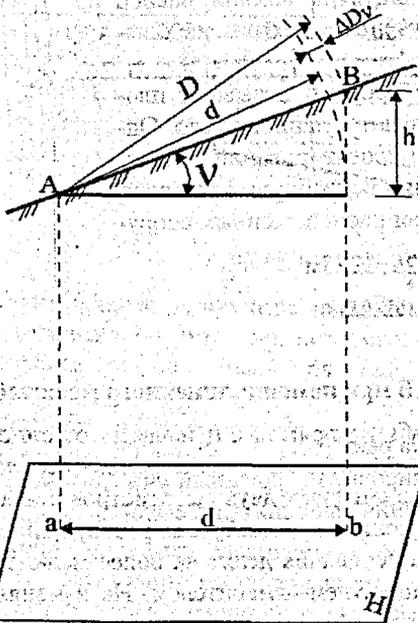
Планом называют уменьшенное подобное изображение горизонтальной проекции небольшого участка местности.

Картой называют уменьшенное и обобщенное изображение на плоскости всей Земли или значительных ее частей. Карта отличается от плана меньшей детальностью, неизбежными искажениями, вызванными невозможностью сохранить подобие очертаний при изображении выпуклой поверхности Земли на плоскости.

При составлении планов и карт приняты стандартные масштабы.

Масштабом называется степень уменьшения горизонтальных проложений линий местности при изображении их на плане или карте. (Отношение длины линии на плане к соответствующей проекции линии на местности)

Горизонтальным проложением называют проекцию линии местности на горизонтальную плоскость или уровенную поверхность.



Для определения горизонтального проложения линии АВ необходимо знать угол α наклона линии или превышение h между конечными точками А и В линии:
 $d = D \cdot \cos \alpha = D - \Delta D_{\alpha}$

где D - длина отрезка АВ;

Разность $d - D = \Delta D_{\alpha}$ называют поправкой за наклон линии к горизонту и вычисляют по формуле:

$$\Delta D_{\alpha} = d - D = -D(1 - \cos \alpha) = -2 \cdot D \sin^2 \frac{\alpha}{2}$$

Эту же величину можно вычислить по формуле:

$$\Delta D_{\alpha} \approx -\frac{h^2}{2D}$$

Рис.1.1. Горизонтальное проложение линии

Примечание: поправка за приведение линии к горизонту всегда отрицательна, так как горизонтальное проложение всегда меньше наклонной линии.

Масштаб записывают в виде дроби с числителем равным единице, и знаменателем, показывающим, во сколько раз уменьшены на карте горизонтальные проложения линий. Такой масштаб называют численным.

Для топографических планов и карт приняты следующие масштабы: 1:500; 1:1000; 1:2000; 1:5000; 1:10000; 1:25000; 1:50000; 1:100000; 1:200000; 1:500000; 1:1000 000.

Топографические карты масштаба 1:10 000 и крупнее обладают всеми свойствами планов и их называют топографическими планами.

Наряду с представлением масштаба в виде дроби пользуются словесным описанием масштаба. Например: "в одном сантиметре 100 метров", что соответствует масштабу 1:10000. Такую форму выражения масштаба называют именованным масштабом. (пояснительным).

При измерении расстояний по карте пользуются линейным масштабом - это графическое изображение численного масштаба. На картах линейный масштаб помещен под южной рамкой карты. Деления линейного масштаба оцифрованы в метрах в соответствии с численным масштабом карты, для которой он построен. На рис.1.2 построен линейный масштаб для карты масштаба 1:25 000.

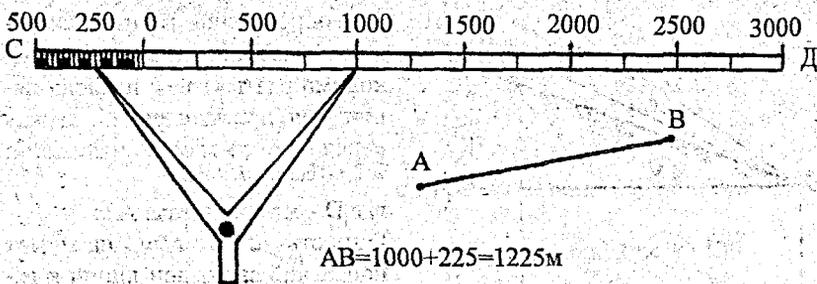


Рис.1.2. Определение расстояния АВ при помощи линейного масштаба.

Для построения линейного масштаба на прямой СД начиная от одного из его концов, откладывают отрезок одинаковой длины, называемый основанием масштаба. На рис.1.2 основание 1 см. После первых двух сантиметров ставят О и от него влево и право делают соответствующую масштабу оцифровку. Для повышения точности измерений слева от нуля основания делят на более мелкие деления. Длину отрезка на карте измеряют циркулем-измерителем. Не изменяя раствора ножек, измеритель прикладывают к линейному масштабу так, чтобы правая ножка совмещалась с каким-нибудь делением справа от нуля, а левая находилась слева от нуля и отсчитывают значения расстояния.

Под южной рамкой карты помещены три вида масштабов: численный, именованный и линейный.

Линейный масштаб во многих случаях не позволяет измерить расстояние с необходимой точностью. Более высокую точность получают при помощи поперечного масштаба. Для построения его на прямой откладывают последовательно

несколько раз основание масштаба a (обычно $a = 2$ см рис. 1.3). Из полученных точек восстанавливают перпендикуляры, которые называют вертикалями. На крайних вертикалях откладывают m равных отрезков (обычно $m=10$) и через полученные точки проводят линии, параллельные основанию-горизонтالي. Левое крайнее основание сверху и снизу делят на n равных частей (обычно $n=10$) и через полученные точки проводят наклонные параллельные линии - трансверсали. Очевидно, что длина отрезка между соседними вертикалями равна основанию масштаба a , длина отрезка между соседними трансверсали равна a/n , а длина отрезков, ограниченных вертикалью и трансверсалью, исходящими из одной точки изменяется при переходе от одной горизонтали к другой на величину $b = a/(m \cdot n)$. Эта величина называется наименьшим делением масштаба.



Рис 1.3. Поперечный масштаб

Таким образом длину отрезка $a = 2$ см будем называть основанием масштаба, длину отрезка $a/n = 2$ мм - делением масштаба, а длину отрезка $a/(m \cdot n) = b = 0,2$ мм наименьшим делением масштаба. Такой масштаб называют нормальным или сотенным.

Деления основания и горизонтали лучше оцифровать для данного масштаба карты. На рис. 1.3 оцифровка выполнена для карты масштаба 1:5 000.

На карте этого масштаба основанию будет соответствовать 100 м, делению 10 м, а наименьшему делению 1 м.

Чтобы определить расстояние между заданными точками на карте или плане, берут это расстояние раствором циркуля-измерителя, который затем устанавливают на поперечный масштаб, так, чтобы правая ножка находилась на одной из вертикалей, а левая - на одной из трансверсалей. При этом обе ножки должны находиться на одной и той же линии параллельной горизонтали. Измеренное расстояние равно сумме расстояний соответствующих числу охваченных раствором измерителя целых оснований, целых делений и наименьших делений, оцениваемых по положению ножки циркуля на трансверсали. Например, отрезок АВ (рис. 1.3 имеет длину $300 + 20 + 7 = 327$ м, а отрезок СК = $200 + 60 + 3,5 = 263,5$ м. Из последнего примера видно, что длину отрезка можно оценить с ошибкой, рав-

ной половине наименьшего деления масштаба, т.е. 0,1мм, что для масштаба 1:5 000 будет соответствовать 0,5 м. Поэтому длина горизонтального проложения линии местности, соответствующая на карте данного масштаба 0,1 мм называется точностью масштаба.

При работе с аэрофотоснимками, приходится сталкиваться с нестандартными масштабами, например 1:7560 (в 1 см 75,6м). Основанию нормального сотенного масштаба в этом случае будет соответствовать линия длиной 151,2 м; одному делению 15,12 м, а наименьшему делению 1,512 м. Как видно пользоваться таким поперечным масштабом неудобно. Чтобы избежать дробных величин, строят так называемый переходный масштаб, для этого рассчитывают длину основания, которому соответствуют круглое число метров.

Пример: рассчитаем длину основания a для масштаба 1:7560, которому соответствует 200м, для этого решим пропорцию:

$$\frac{1\text{см}}{75,6\text{м}} = \frac{a}{200\text{м}}; \text{ откуда } \Rightarrow a = 1\text{см} \cdot \frac{200\text{м}}{75,6\text{м}} = 2,64\text{см} = 26,4\text{мм};$$

Если построить сотенный поперечный масштаб с основанием $a=26,4$, то ему будет соответствовать на местности в масштабе 1:7560 горизонтальное проложение линии длиной 200 м, делению - 20 м, а наименьшему делению - 2м.

Задание к лабораторной работе:

1. Выразить в форме именованного масштаба все принятые для топографических планов и карт масштабы, т.е. 1:500÷1:1 000 000.
2. Определить точность указанных выше масштабов.
3. Построить нормальный сотенный поперечный масштаб и оцифровать его для карты масштаба 1:2000.
4. Построить линейный переходный масштаб для работы со снимком масштаба 1:12 500.
5. Пользуясь поперечным масштабом (масштабной линейкой), отложить горизонтальные проложения линий 17,3 м; 48,9 м; 112м в масштабах 1:2 000 и 1:5 000.

Примечание: в отдельных случаях для выполнения задания по п.3, 4,5 данные выдаются преподавателем индивидуально.

ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЯ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ № 1

- а) Построить поперечный масштаб с основанием 2 см, подписать его для масштабов 1:500, 1:10 000 и 1:25 000.
- б) Пользуясь поперечным масштабом отложить горизонтальные проложения линий:
АВ в масштабе 1:500; СД в масштабе 1:10 000; ЕК в масштабе 1:25 000;

Вариант	АВ 1:500	СД 1:10 000	ЕК 1:25 000	Вариант	АВ 1:500	СД 1:10 000	ЕК 1:25 000
1	6,05	225	1120	16	9,60	798	1315
2	14,40	443	590	17	48,20	267	1625,5
3	35,85	650	1655	18	10,95	211	1060
4	49,25	514	552,5	19	31,60	557	1257,5
5	24,20	316	775	20	35,75	410	410
6	9,85	712	670	21	29,15	209	212,5
7	16,20	391	1497,5	22	6,95	70	1050
8	32,70	733	712,5	23	33,10	352	1345
9	38,15	572	845	24	19,40	222	205
10	26,10	593	1995	25	27,80	207	202,5
11	8,90	450	452,5	26	10,85	11	1110
12	27,35	210	210	27	35,10	35	35
13	11,80	232	862,5	28	11,50	115	1152,5
14	39,30	309	810	29	48,00	48	47,5
15	21,55	581	1640	30	9,50	92	1845

Пояснения к заданию:

Построение номограммы поперечного масштаба выполнять твердым карандашом четкими тонкими линиями.

Подписи и расстояния на номограмме для разных масштабов обозначают разными цветами.

Оформление лабораторной работы:

Результаты оформить в тетради для лабораторных работ

1) по пунктам 1 и 2 в виде табл.1.2:

Таблица 1.2.

Наименование численно-го масштаба	Именованный масштаб	Точность масштаба
1	2	3
1:500	в 1 см - 5 м	0,05 м
1:1 000		
1:2 000		
1:5 000		
1:10 000		

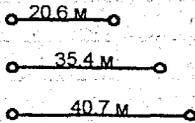
1	2	3
1:25 000		
1:50 000		
1:100 000		
1:200 000		
1:500 000		
1:1 000 000		

2) по пунктам 3 и 4 построенные поперечные и линейные масштабы см.рис.1.2 и 1.1;

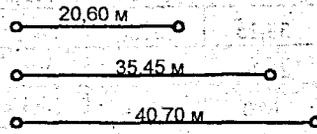
3) по пункту 5 отложить указанные расстояния в тетрадке и подписать их значения с учетом точности масштаба.

Например:

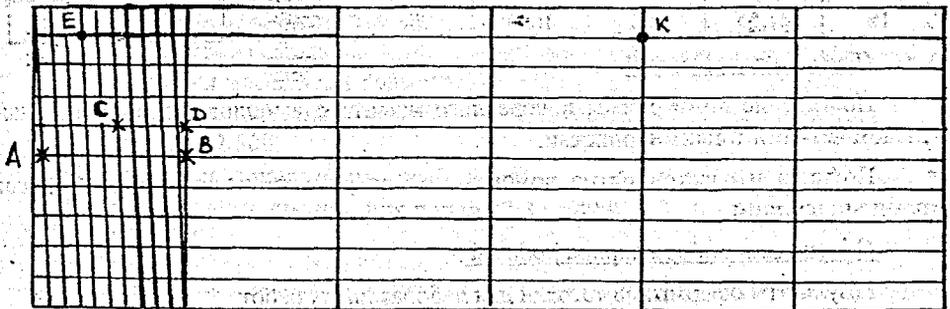
1:1000



1:500



a=2cm



10	5	0	10	20	30	40	50
200	100	0	200	400	600	800	1000
500	250	0	500	1000	1500	2000	2500

Отрезок	AB	CD	EK	вариант
Масштаб	1:500	1:10000	1:25000	30
Длина, м	9,50	92	1845	

Рис. 1.4. Образец оформления индивидуального задания (вариант 30)

Лабораторная работа № 2 Номенклатура топографических карт

Топографические карты для удобства пользования издаются отдельными листами размером 40×40 см или 50×50 см. Для отыскания нужного листа карты введена единая их номенклатура-система обозначений. В основу номенклатуры топографических карт положена карта масштаба 1:1000000. Такая карта издается на листах размером 4° по широте и 6° по долготе. Листы такой карты по направлению параллелей образуют пояса шириной по 4°, которые называют рядами.

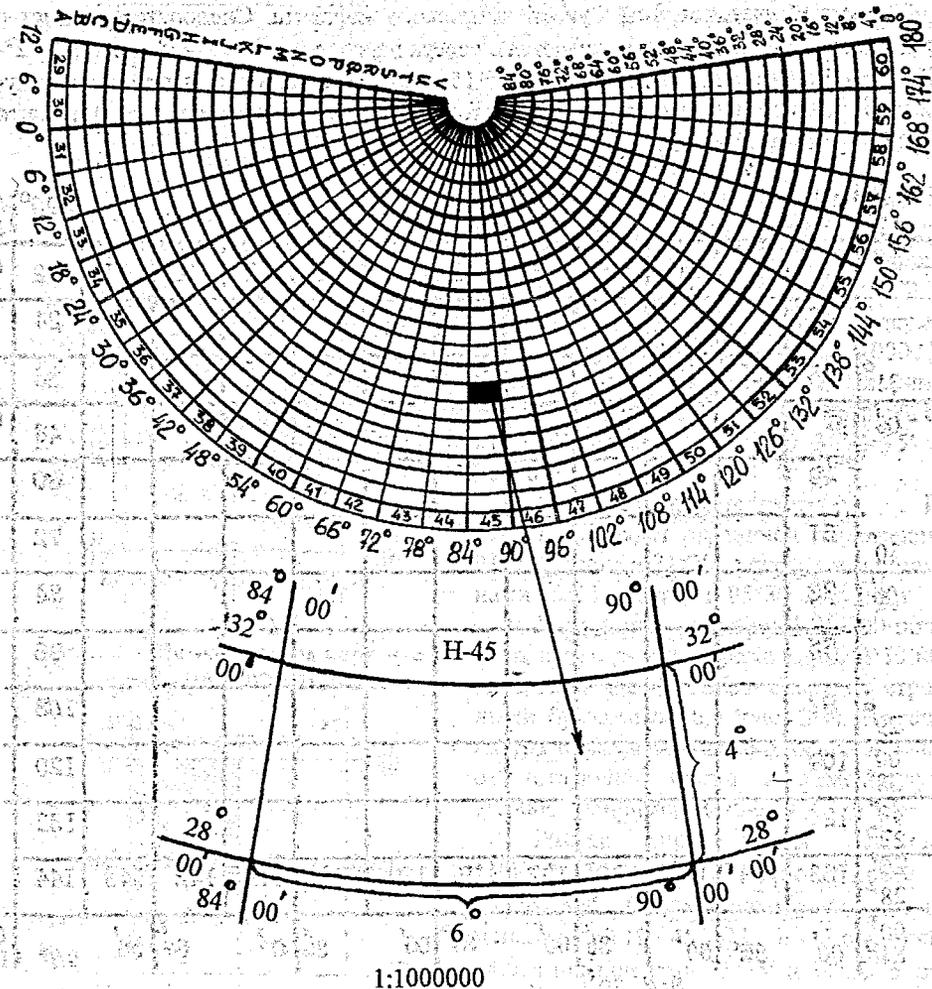


Рис. 2.1. Разграфка листов карты масштаба 1:1 000 000

По направлению меридианов образуются колонны шириной по 6°. Ряды обозначают заглавными буквами латинского алфавита, начиная от экватора по направлению к северу (А, В, С, Д, Е, ...), колонны нумеруются арабскими цифрами 1, 2, 3 ... 60 начиная от меридиана 180° в направлении с запада на восток. Каждому листу карты масштаба 1:1 000 000 присвоен номер, состоящий из буквы соответствующего ряда и номера колонны (рис. 2.1.) Зная номенклатуру листа карты, можно определить географические координаты углов.

Возьмем лист с номенклатурой Н - 45

Буква Н является 8-ой буквой латинского алфавита. Следовательно лист с номенклатурой Н - 45 ограничивается с севера параллелью $8^{\circ} \times 4 = 32^{\circ}$, а с юга $32^{\circ} - 4^{\circ} = 28^{\circ}$, 45-ая колонна является $(45-30) = 15$ -ой зоной, нумерация начинается от нулевого меридиана. Следовательно этот лист ограничивается меридианами $15 \times 6^{\circ} = 90^{\circ}$ с востока и $90^{\circ} - 6^{\circ} = 84^{\circ}$ с запада.

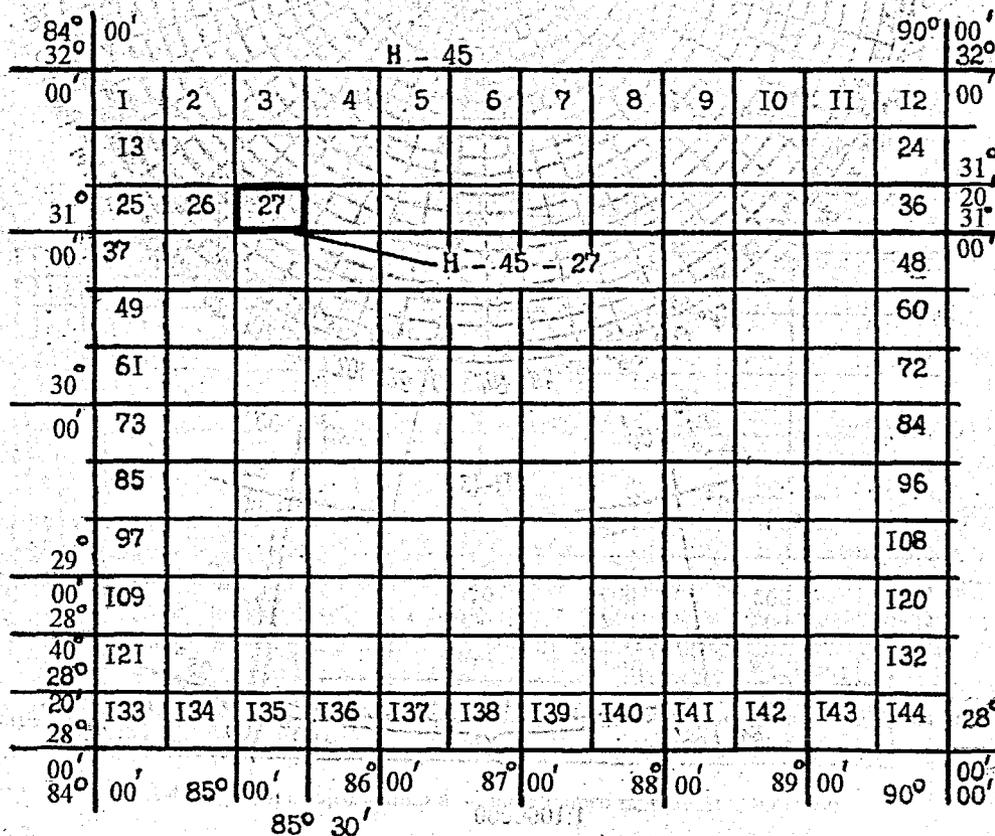


Рис.2.2 Номенклатура карт масштаба 1:1 000 000 и 1: 100 000.

В основу номенклатуры крупномасштабных планов положена карта масштаба 1:100 000. Разделив карту масштаба 1:1 000 000 по широте и долготе на 12 частей получают 144 листа карты масштаба 1:100 000, которые нумеруют арабскими цифрами (Рис. 2.2).

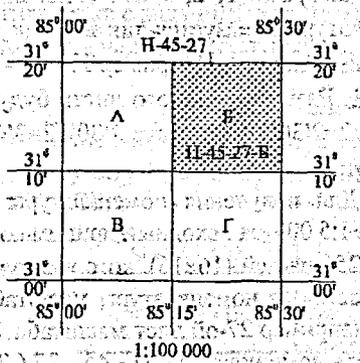


Рис. 2.3. Номенклатура карт масштаба 1:100 000 и 1:50 000

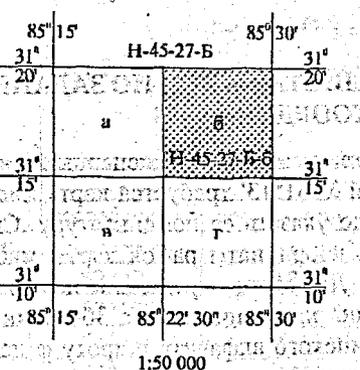
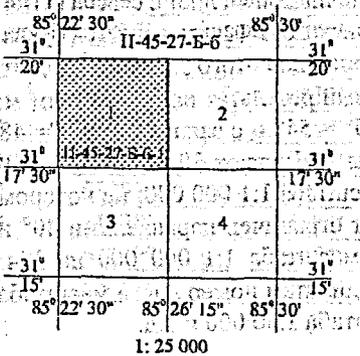


Рис. 2.4. Номенклатура карт масштаба 1:50 000 и 1:25 000



Номенклатура каждого листа карты масштаба 1:100 000 складывается из номенклатуры карты масштаба 1:1 000 000 и номера листа карты 1:100 000. Так лист с номером 27 будет иметь номенклатуру Н-45 - 27. Размеры каждого листа, будут $4^{\circ}/12=20'$ по широте и $6^{\circ}/12=30'$ по долготу. Так лист с номенклатурой Н - 45 - 27 будет ограничен параллелями $31^{\circ}00'$ с юга и $31^{\circ}20'$ с севера, а меридианами $85^{\circ}00'$ с запада и $85^{\circ}30'$ с востока.

Лист карты масштаба 1:50000 получают делением листа карты масштаба 1:100000 на четыре части и обозначают прописными буквами А, Б, В, Г (Рис: 2.3.). Номенклатура каждого листа содержит номенклатуру карты масштаба 1:100000 и букву карты масштаба 1:50000. Например Н - 45 - 27 - Б. Размеры каждого листа будут $20^{\circ}/2=10'$ по широте и $30^{\circ}/2=15'$ по долготу.

Лист карты с номенклатурой Н - 45- 27 - Б будет ограничен параллелями $31^{\circ}10'$ с юга и $31^{\circ}20'$ с севера и меридианами $85^{\circ}15'$ с запада и $85^{\circ}30'$ с востока.

Лист карты масштаба 1:25 000 получают путем деления листа карты 1:50 000 на четыре части и обозначают их строчными буквами а,б,в,г. (рис. 2.4). Номенклатура образуется также добавлением соответствующей буквы к номенклатуре 1:50000. Например Н-45-27-Б-6.

Размер листа карты масштаба 1:25000 будет $10^{\circ}/2=5'$ по широте и $15^{\circ}/2=7'30''$. Следовательно лист с номенклатурой Н - 45 - 27 - Б - б ограничивается параллелями $31^{\circ}15'$ и $31^{\circ}20'$ с юга и севера и меридианами $85^{\circ}22'30''$ и $85^{\circ}30'$ с запада и востока.

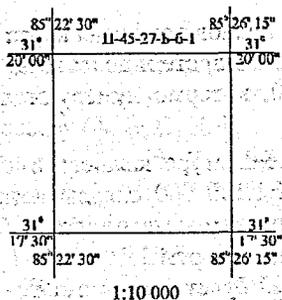


Рис. 2.5. Номенклатура карт масштаба 1:25 000 и 1:10 000

карты масштаба 1:100 000, который делят на 256 частей (16×16), которые нумеруют цифрам 1, 2, 3, ...256. Номенклатура складывается из номенклатуры масштаб 1:100 000 и взятого в скобки номера листа 1:5 000. Например 27-ой лист масштаба 1:5 000 на 27-ом листе масштаба 1:100 000 будет иметь номенклатуру Н - 45 - 27 (27).

Лист масштаба 1:2 000 получают путем деления листа 1:5 000 на 9 частей (3×3) и обозначают их буквами а, б, в, г, д, е, ж, з, и. Лист с буквой «е» будет иметь номенклатуру Н - 45 - 27 (27 - е).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НОМЕНКЛАТУРЫ ЛИСТА КАРТЫ ПО ЗАДАНЫМ ГЕОГРАФИЧЕСКИМ КООРДИНАТАМ

Пусть для проектирования строительства комплекса инженерных сооружений в пункте с широтой $\varphi=41^{\circ}24'$ и долготой $\lambda=51^{\circ}13'$ требуется карта масштаба 1:10 000. Чтобы получить такую карту нужно указать её номенклатуру. Сначала определяют номенклатуру и географические координаты рамок карты масштаба 1:1 000 000, на котором находится эта точка. Для этого определяют номер ряда и номер колонны или зоны, зная, что номерация их отличается на 30 единиц. Для определения порядкового номера буквы латинского алфавита широту φ делят на 4° , при этом результат округляют в пользу большего.

Например $41^{\circ}24' / 4^{\circ} \approx 11$ буква латинского алфавита. Умножив полученный результат на 4° получим широту параллели, ограничивающей лист с севера ($11 \times 4^{\circ} = 44^{\circ}$) и с юга $44^{\circ} - 4^{\circ} = 40^{\circ}$ одиннадцатой буквой латинского алфавита является буква К.

Подобным же образом находят номер зоны, для этого долготу λ делят на 6° . Например $51^{\circ}13' / 6^{\circ} \approx 9$. Умножив полученный результат на 6° получим меридиан, который ограничивает лист с востока $9 \times 6^{\circ} = 54^{\circ}$ и с запада $54^{\circ} - 6^{\circ} = 48^{\circ}$. Для определения номера колонны) к номеру зоны добавляют 30 единиц $9 + 30 = 39$. Таким образом номенклатура листа карты масштаба 1:1 000 000, на котором находится заданная точка, будет К - 39. Этот лист ограничен параллелями 40° и 44° и меридианами 48° и 54° . Далее делим лист масштаба 1:1 000 000 на 144 части (12×12), определяют по географическим координатам номер листа масштаба 1:100 000 на котором находится объект, затем масштаба 1:50 000 и т.д.

Лист карты масштаба 1:10 000 получают путем деления листа масштаба 1:25000 на четыре части, которые обозначают цифрами 1, 2, 3 и 4 (Рис. 2.5), номенклатура образуется так же, как и предыдущих листов. Например Н - 45 - 27 - Б - 6 - 1. Размеры каждого листа будут равны $5'/2=2'30''$ по широте $7'30''/2=3'45''$ по долготе.

Для получения номенклатуры листа плана 1:5 000 за исходный принимают лист

Задание к лабораторной работе

1. Дана номенклатура карты С - 41 - 144. Определить масштаб карты и номенклатуру соседних листов карты.
2. Определить номенклатуру листа карты масштаба 1:10 000, на которой находится точка с заданными географическими координатами ϕ и λ .

Индивидуальные варианты задания приведены в таблице 2.1.

Оформление лабораторной работы

Результаты оформить в тетради для лабораторных работ.

- 1) по пункту 1 решение пояснить рисунком. Например для номенклатуры М - 36 - 120.

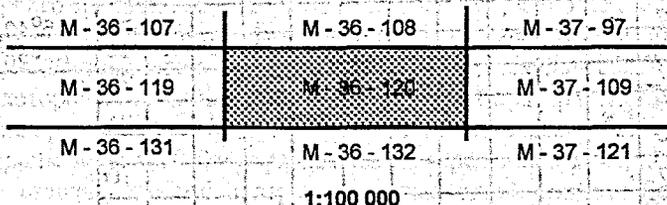


Рис. 2.6. Образец оформления пункта 1.

- 2) по пункту 2 решение задачи пояснить рисунками, как показано на рис.2.2-2.5.

Таблица 2.1.

Индивидуальные варианты задания к лабораторной работе № 2.

Вариант	Географические координаты точки		Вариант	Географические координаты точки	
	широта ϕ	долгота λ		широта ϕ	долгота λ
1	52°02'	17°43'	16	67°48'	39°17'
2	52°19'	26°09'	17	65°03'	37°27'
3	54°48'	41°11'	18	55°21'	28°01'
4	54°43'	34°34'	19	55°16'	37°13'
5	58°01'	37°48'	20	56°17'	27°44'
6	58°13'	35°05'	21	54°44'	22°14'
7	58°17'	24°41'	22	59°30'	24°03'
8	60°24'	36°25'	23	58°28'	33°31'
9	62°19'	40°33'	24	64°11'	18°03'
10	63°04'	31°47'	25	54°48'	25°25'
11	53°17'	19°55'	26	61°16'	21°19'
12	53°07'	28°55'	27	62°26'	43°27'
13	61°28'	25°05'	28	53°35'	19°17'
14	67°59'	23°54'	29	60°31'	23°45'
15	65°51'	42°16'	30	66°33'	27°27'

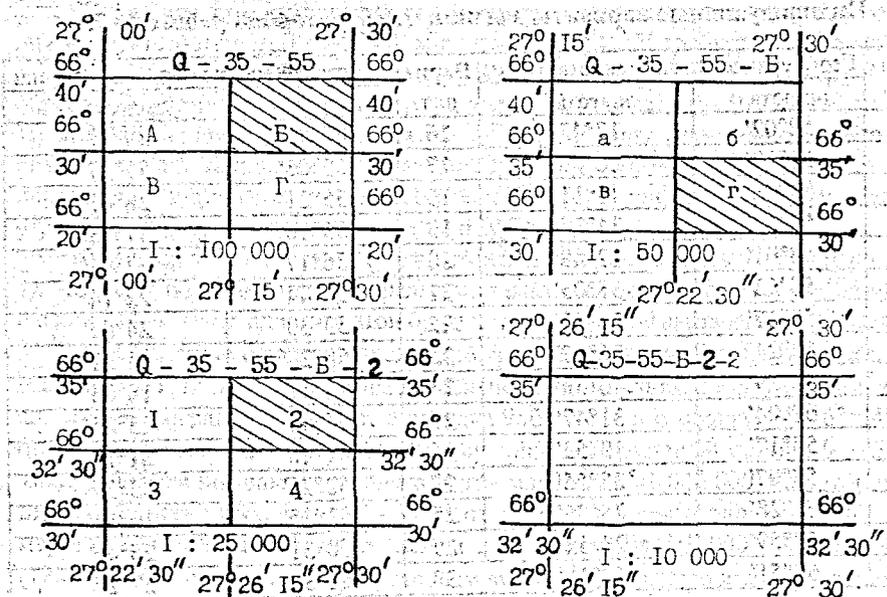
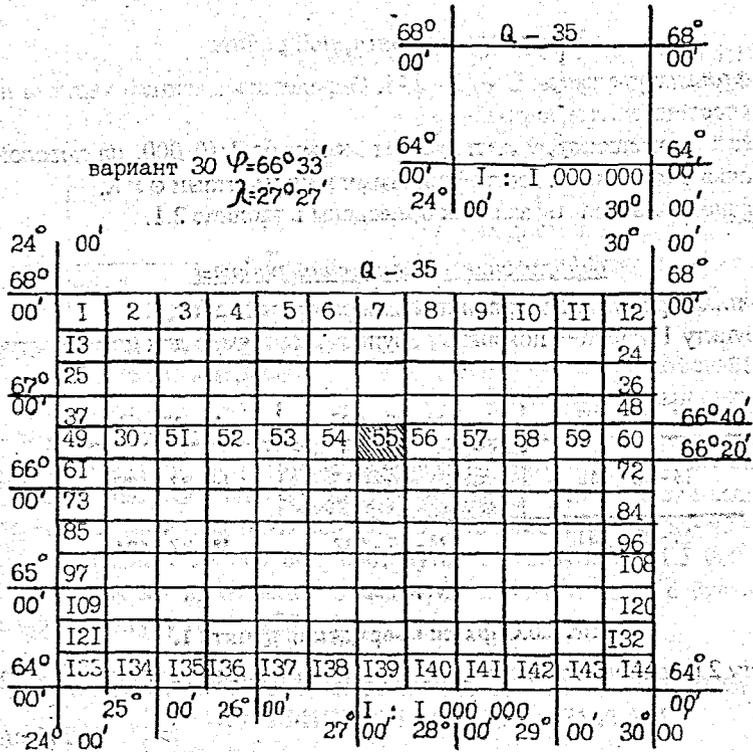


Рис. 2.7. Образец оформления задания 2.

РАМКИ КАРТ И КООРДИНАТНЫЕ ЛИНИИ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПО КАРТЕ КООРДИНАТ ТОЧЕК

3.1. Рамки карт и координатные линии.

Каждый лист топографической карты ограничен с востока и запада отрезками меридианов, а с севера и юга - отрезками параллелей. Они образуют внутреннюю рамку этого листа, имеющую форму трапеции. Широты параллелей и долготы меридианов подписаны в углах трапеции. Например (см. рис. 3.1.), широты южной и северной параллели равны соответственно $54^{\circ}40'$ и $54^{\circ}42'30''$ а долготы западного и восточного меридианов - $18^{\circ}03'45''$ и $18^{\circ}07'30''$, что в подписях широт градусы пишутся сверху параллелей, а минуты и секунды под ними; в подписях долгот градусы пишутся слева от меридиана, а минуты и секунды справа от него.

На некотором расстоянии от внутренней рамки прочерчивается так называемая минутная рамка - две тонкие линии с расстоянием между ними в два миллиметра. Стороны минутной рамки разделены на чередующиеся черные и белые полосы, представляющие собой отрезки, равные одной минуте. Если соединять прямыми линиями концы одноименных минутных делений, расположенных на противоположных сторонах минутной рамки, то получится сетка параллелей и меридианов, называемая географической сеткой. С помощью географической сетки можно определить географические координаты любой точки на карте. Следует помнить, что на листах топографических карт меридианы и параллели не проводятся (кроме рамок трапеции). Но в случае необходимости их всегда можно провести.

На современных топографических картах наносится система прямых линий, которые, пересекаясь под прямыми углами, образуют сетку квадратов, равномерно покрывающую весь лист карты. Эта сетка называется координатной или километровой сеткой, т.к. линии, ее образующие, проводятся через целое число километров. Вертикальные линии такой сетки параллельны осевому меридиану зоны, а горизонтальные - экватору.

На выходах координатных линий за внутреннюю рамку даны подписи: вдоль боковых сторон рамки - абсциссы, вдоль верхней и нижней - ординаты. Подписи горизонтальных линий означают число километров, на которое данная линия удалена от экватора. Так, если нижняя горизонтальная линия километровой сетки имеет надпись 6065 (рис. 3.1), это значит, что данная линия удалена от экватора на 6065 км и любая точка лежащая на этой линии имеет абсциссу 6065 км. Подписи у вертикальных линий километровой сетки складываются из двух элементов: первые одна или две цифры указывают номер зоны, к которой относится топографическая карта, остальные цифры - так называемая приведенная ордината, т.е. число километров, на которое данная вертикальная линия удалена от начала координат. Необходимо помнить, что начало координат смещено от осевого меридиана к западу на 500 км. Приведенная ордината, выраженная в километрах, всегда есть трехзначное число. Поэтому в подписи у вертикальной линии три последние цифры - приведенная ордината, стоящие перед ними цифры - номер зоны.

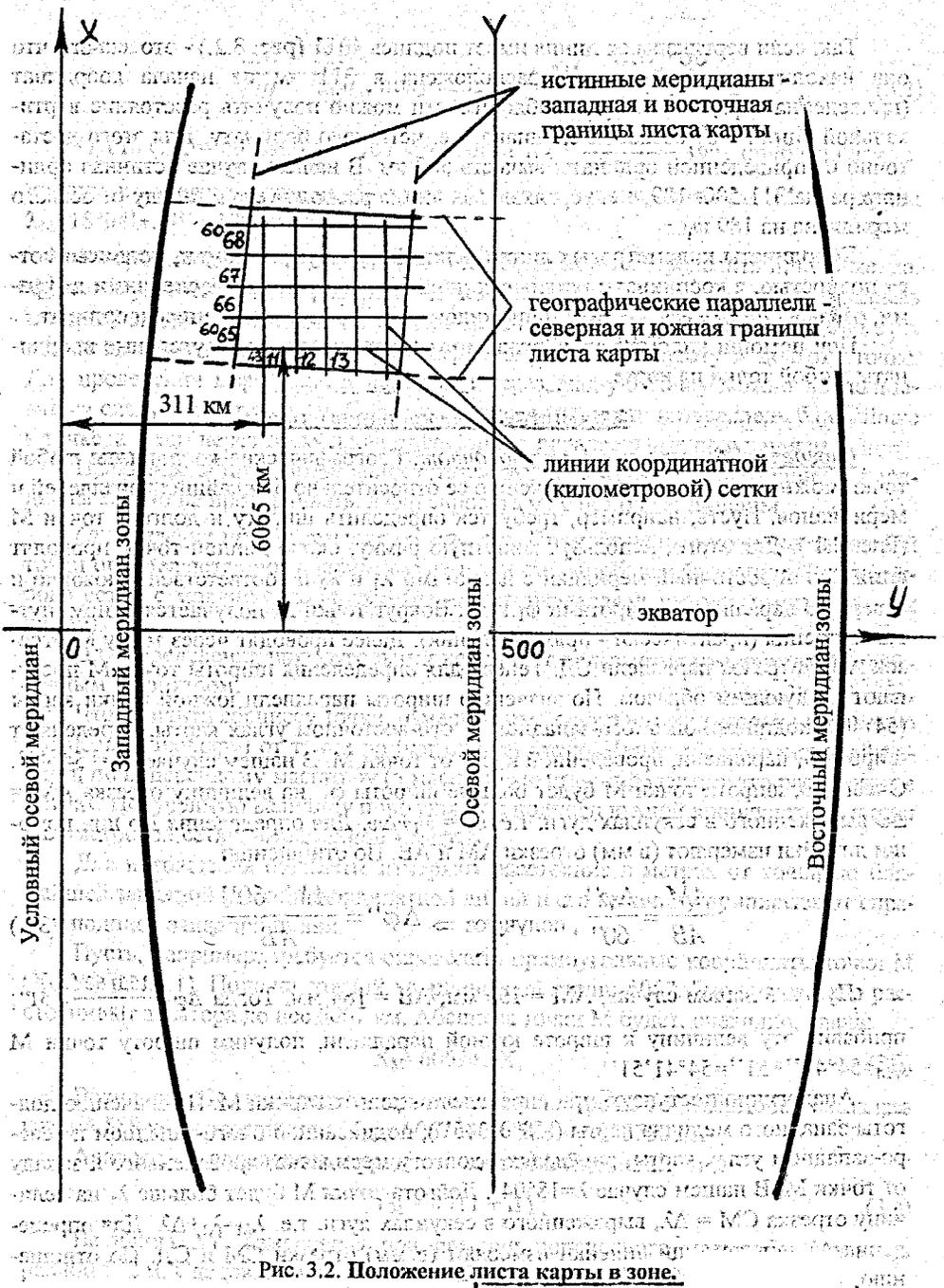


Рис. 3.2. Положение листа карты в зоне.

Так, если вертикальная линия имеет подпись 4311 (рис. 3.2.) - это значит, что она находится в 4-ой зоне и расположена в 311 км от начала координат (приведенная ордината). При необходимости можно получить расстояние вертикальной линии и от осевого меридиана, т.е. истинную ординату. Для этого достаточно из приведенной ординаты вычесть 500 км. В нашем случае истинная ордината равна $311-500=189$, т.е. вертикальная линия расположена к западу от осевого меридиана на 189 км.

Координаты километровых линий, ближайших к углам рамки, подписываются полностью, а координаты остальных линий - только двумя последними цифрами, означающими десятки и единицы километров в значении абсцисс и ординат.

При помощи километровой сетки можно определить прямоугольные координаты любой точки на карте.

3.2. Определение координат точек.

Определение географических координат. Географические координаты любой точки можно определить по положению ее относительно ближайших параллелей и меридианов. Пусть, например, требуется определить широту и долготу точки М (Рис. 3.1.). Для этого, используя минутную рамку, около данной точки проводят ближайший восточный меридиан с долготами λ_1 и λ_2 и соответственно южную и северную параллели с широтами φ_1 и φ_2 . Вокруг точки М получается одноминутная трапеция (практически - прямоугольник). Далее проводят через точку М отрезок АВ и отрезок параллели СД. Теперь для определения широты точки М поступают следующим образом. По значению широты параллели южной рамки карты ($54^{\circ}40'$) подписанной в юго-западном и юго-восточном углах карты, определяют широту φ_1 параллели, проведенной к югу от точки М. В нашем случае $\varphi_1 = 54^{\circ}41'$. Очевидно, широта точки М будет больше широты φ_1 на величину отрезка $AM = \Delta\varphi$ выраженного в секундах дуги, т.е. $\varphi_M = \varphi_1 + \Delta\varphi$. Для определения $\Delta\varphi$ при помощи линейки измеряют (в мм) отрезки АМ и АВ. По отношению

$$\frac{AM}{AB} = \frac{\Delta\varphi''}{60''}, \text{ получают } \Rightarrow \Delta\varphi'' = \frac{AM \cdot 60''}{AB} \quad (3.1)$$

Пусть, в нашем случае, $AM = 155$ мм, $AB = 184$ мм. Тогда $\Delta\varphi = \frac{155 \cdot 60''}{184} = 51''$; прибавив эту величину к широте южной параллели, получим широту точки М $\varphi_M = 54^{\circ}41'' + 51'' = 54^{\circ}41'51''$.

Аналогично поступают при определении долготы точки М. По значению долготы западного меридиана карты ($18^{\circ}03'45''$), подписанной в юго-западном и северо-западном углах карты, определяют долготу меридиана, проведенного к западу от точки М. В нашем случае $\lambda = 18^{\circ}04'$. Долгота точки М будет больше λ_1 на величину отрезка $CM = \Delta\lambda$, выраженного в секундах дуги, т.е. $\lambda_M = \lambda_1 + \Delta\lambda$. Для определения $\Delta\lambda$ при помощи линейки измеряют (в мм) отрезки СМ и СД. По отношению,

$$\frac{СМ}{СД} = \frac{\Delta\lambda''}{60''}, \text{ получают } \Rightarrow \Delta\lambda'' = \frac{СМ \cdot 60''}{СД}; \quad (3.2)$$

Пусть $СМ = 69$ мм, $СД = 107$ мм. Тогда $\Delta\lambda = \frac{69 \cdot 60''}{107} = 39''$, прибавив эту величину к долготе меридиана, проведенного к западу от точки M , получим $\lambda_M = 18^\circ 04' + 39'' = 18^\circ 04' 39''$.

Географические координаты точек на карте можно определить приближенно. В этом случае через точку, координаты которой нужно найти, проводят параллель и меридиан до пересечения их делениями минутной рамки. По положению этих линий на минутных делениях глазомерно определяют широту и долготу точки. Для проведения меридиана и параллели через данную точку можно воспользоваться следующим приемом. Сначала провести меридиан и параллель ближайšie к точке, а затем через точку прочертить линии, параллельные полученным.

Практически при определении географических координат параллели и меридианы можно не прочерчивать, а фиксировать их с помощью линейки.

Определение прямоугольных координат. Прямоугольные координаты любой точки определяются по положению ее относительно ближайших линий километровой сетки с младшей подписью (левая вертикальная и нижняя горизонтальная линии).

Для определения прямоугольных координат пользуются измерителем и поперечным масштабом.

Чтобы найти абсциссу точки, измерителем берут раствор, равный расстоянию (по перпендикуляру) от точки до ближайшей южной (нижней) координатной линии и по поперечному масштабу (в масштабе карты) определяют это расстояние в метрах. Полученную величину прибавляют к подписи южной координатной линии километровой сетки, выраженной в метрах.

Для нахождения ординаты измеряют расстояние в метрах от точки до ближайшей западной (левой) координатной линии и его величину приписывают справа к подписи западной линии.

Пусть, например, требуется определить прямоугольные координаты точки M (X_M, Y_M рис.3.1). Подпись южной координатной линии 6067. Это значит, что расстояние от экватора до нее 6067 км. Абсцисса точки M будет, очевидно, равна:

$$X_M = 6067 + \Delta X, \quad (3.3)$$

Величина ΔX , измеренная при помощи поперечного масштаба, оказалась равной 588 м. Следовательно $X_M = 6067000 + 588 = 6067588$ м.

Аналогично определяется ордината точки M . Очевидно, что:

$$Y_M = 4311 + \Delta Y; \quad (3.4)$$

Величина ΔY , измеренная при помощи поперечного масштаба, оказалась равной 522 м. Следовательно $Y_M = 4311000 + 522 = 4311522$ м.

В практике нередки случаи, когда точки, координаты которой требуется определить, находятся в неполном квадрате километровой сетки. Здесь, во избежание ошибок, важно не путать рамки листа карты с километровыми линиями. Так, например, при определении абсциссы точки L (Рис.3.1) было бы грубейшей ошибкой измерять расстояние от точки до южной рамки трапеции, которая, как известно, представляет собой параллель, ограничивающую лист карта с юга. Поскольку ближайшей по отношению к точке L южной (нижней) координатной линии нет (она оказалась за рамкой карты), измеряют расстояние от точки L до ближайшей северной (верхней) координатной линии и полученную величину вычитают из абсциссы этой линии. Пусть величина измеренного отрезка оказалась равной 125 м. Тогда абсцисса точки L будет:

$$X_L = 6065000 - 125 = 6064875$$

Сказанное в полной мере относится и к определению ординаты точки N. Измеряют расстояние от точки до ближайшей восточной (правой) координатной линии и полученное значение вычитают из ординаты этой линии. Пусть измеренное расстояние получилось равным 176 м. Тогда ординаты точки N будет:

$$Y_N = 4311000 - 176 = 4310824$$

Задание к лабораторной работе

1. Определить географические и плоские прямоугольные координаты заданной на карте точки.

Решение задачи пояснить рисунком (см. рис. 3.1).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УГЛОВ ОРИЕНТИРОВАНИЯ, ВЫСОТЫ ТОЧЕК И КРУТИЗНЫ СКАТОВ

4.1. Определение углов ориентирования.

Дирекционным углом называется угол, отсчитываемый от северного конца осевого меридиана или линии ему параллельной по ходу часовой стрелки до заданного направления. Параллельными линиями осевому меридиану на карте являются вертикальные линии километровой сетки.

Дирекционный угол какого-либо направления на карте определяется очень просто. Для этого транспортир накладывают на карту так, чтобы его нулевой диаметр совместился с одной из вертикальных линий километровой сетки, а центр транспортира находился на линии, направление которой измеряется. Дирекционным углом будет угол, отсчитанный по ходу часовой стрелки от северного конца вертикальной линии до данного направления. На рис. 3.1 показаны дирекционные углы направлений PQ и QR.

Для перехода от дирекционных углов к румбам пользуются табл. 4.1.

Таблица 4.1.

Соотношение между дирекционными углами и румбами

№ четверти	Интервал изменения дирекционного угла	Название румба	Связь румба (γ) с дирекционным углом (α)
I	$0^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	СВ	$\gamma = \alpha$
II	$90^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$	ЮВ	$\gamma = 180^\circ - \alpha$
III	$180^\circ \leq \alpha \leq 270^\circ$	ЮЗ	$\gamma = \alpha - 180^\circ$
IV	$270^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	СЗ	$\gamma = 360^\circ - \alpha$

Например дирекционный угол направления PQ (рис. 3.1) $\alpha_{PQ} = 156^\circ 30'$. Требуется определить румб этого направления. Поскольку дирекционный угол находится во второй четверти, румб получается из выражения $\gamma = 180^\circ - \alpha$, т.е. $\gamma_{PQ} = \text{ЮВ} : 23^\circ 30'$.

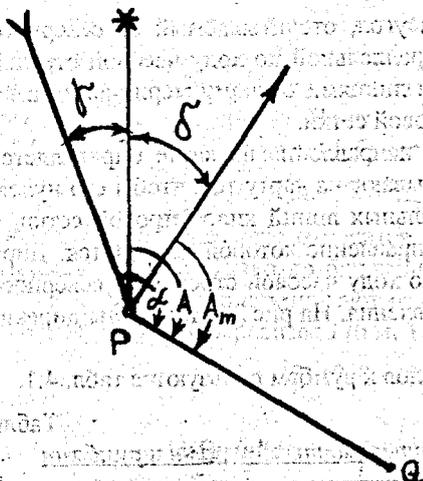
Истинные и магнитные азимуты непосредственно на карте не измеряются, т.к. для этого нужно наносить на нее направления истинного и магнитного меридианов. Обычно, для определения истинного азимута измеряют дирекционный угол направления и вводят в него поправку за сближение меридианов по формуле,

$$A = \alpha \pm \gamma; \quad (4.1)$$

Для определения магнитного азимута в измеренный дирекционный угол, вводят поправки за сближение меридианов и склонение магнитной стрелки по формуле,

$$A_M = \alpha \pm \gamma \pm \delta; \quad (4.2)$$

Для облегчения решения этих задач и предотвращения ошибок рекомендуется обратиться к графической системе, помещенной под южной рамкой карты. На этой схеме приведены данные о сближении меридианов γ и склонении магнитной стрелки δ , а также показано взаимное расположение осевого меридиана (вертикальных линий километровой сетки), истинного и магнитного меридианов.



К графику проводят произвольное направление PQ, как показано на рис.4.1. и обозначают дирекционный угол, истинный и магнитный азимуты. В этом случае наглядно видно, что истинный и магнитный азимут направления меньше измеренного дирекционного угла соответственно на $2^{\circ}22'$ и $8^{\circ}22'$. Так, если для направления PQ измеренный дирекционный угол равен $156^{\circ}30'$, то при $\gamma=2^{\circ}22'$ и при $\delta=8^{\circ}22'$, для истинного и магнитного азимутов получим следующее значение:

$$A = \alpha - \gamma = 156^{\circ}30' - 2^{\circ}22' = 154^{\circ}08';$$

$$A_M = A - \delta = 154^{\circ}08' - 8^{\circ}22' = 145^{\circ}46';$$

Рис.4.1. Связь между дирекционным углом и азимутами истинным и магнитным.

восточное - плюс; склонение магнитной стрелки наоборот.

Примечание: западное сближение меридианов имеет знак минус,

4.2. Определение отметки точки, расположенной между двумя смежными горизонтами.

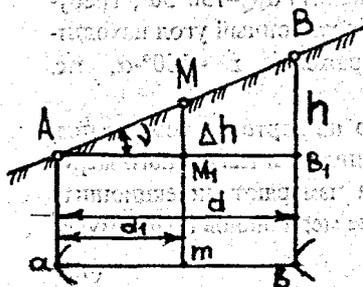


Рис. 4.2 К определению отметки точки, расположенной между горизонталями

Если точка расположена на горизонтали, то ее отметка равна отметке горизонтали. Если точка расположена между горизонталями, то для определения её отметки необходимо узнать высоту ближайшей к ней младшей горизонтали и прибавить к этой величине превышение данной точки над горизонталью т.е.

$$H_{\text{точка}} = H_{\text{гориз.}} + \Delta h \quad (4.3);$$

Величина Δh определяется из следующих соображений. Пусть на рис. 4.2. линия ската AMB пересечена горизонтальными плоскостями, проходящими через точки A и B. Расстояние BB_1 между секущими плоскостями представляет собой высоту сече-

ния h . Точка a , m и b является проекциями точек A , M и B местности на горизонтальную плоскость; кривые, проходящие через точки a и b - проекции горизонталей на эту же плоскость; отрезок $ab=d$ - заложение; d_1 - расстояние от точки до младшей горизонтали. Из подобия треугольников MAM_1 и BAV_1 получаем:

$$\frac{\Delta h}{h} = \frac{d_1}{d}; \quad \Rightarrow \Delta h = \frac{d_1}{d} \cdot h; \quad (4.4)$$

Практически задача решается так. Пусть на карте требуется определить отметку точки m . Высота сечения рельефа $h=2,5$ м. Зная высоту сечения и отметку одной из горизонталей (рис.4.3) находят отметку ближайшей к этой точке младшей горизонтали. В нашем случае она равна 155 м. Проводят через заданную точку заложение по кратчайшему расстоянию. Измерением или оценкой на глаз устанавливают, что точка m отстоит от младшей горизонтали на 0,3 всего заложения. Значит и по высоте она отстоит от младшей горизонтали на 0,3 высоты сечения, т.е. на $2,5 \times 0,3 = 0,75$ м. Следовательно, отметка точки m равна $H_M = 155 \text{ м} + 0,75 \text{ м} = 155,75 \text{ м}$.

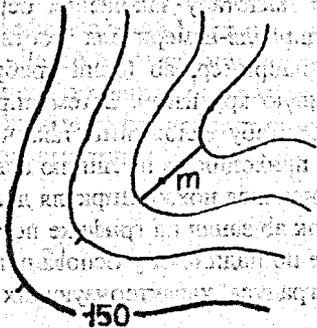


Рис. 4.3 К определению отметки ближайшей горизонтали.

Превышение можно определить и по отношению к старшей горизонтали, тогда для получения отметки точки его нужно вычесть из отметки старшей горизонтали.

4.3. Определение крутизны ската.

Крутизну ската можно характеризовать углом наклона v , т.е. углом, составленным направлением ската с горизонтальной плоскостью (рис.4.2.). Из рисунка видно, что:

$$\operatorname{tg} v = \frac{h}{d}; \quad (4.5)$$

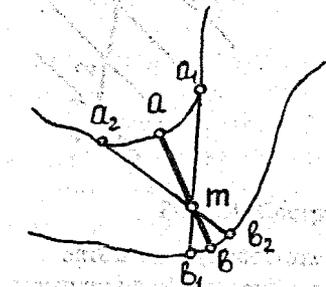


Рис. 4.4. Определение крутизны ската.

Зная высоту сечения (для данной карты она является величиной постоянной и приводится внизу под южной рамкой) и, измерив на карте заложение d , получают тангенс угла наклона, а затем и сам угол. Из формулы (4.5) видно, что крутизна ската при постоянной высоте сечения будет тем больше, чем меньше заложение. Так, из всех заложений, приведенных на карте через заданную точку m , минимальным является заложение ab (рис. 4.4). Этот отрезок и нужно измерить на карте, чтобы получить наибольшую крутизну.

Пусть, например, масштаб карты 1:10000; высота сечения рельефа 2,5 метра; заложение ab , измеренное с помощью поперечного масштаба оказалось равным 62 м. Тогда $\operatorname{tg} v = 2,5 / 62 = 0,0403$, $v = 2^\circ 18'$.

Для упрощения решения этой задачи на нижнем поле каждого листа карты помещается специальный график, называемый масштабом заложений (рис 4.5). В основании этого графика даны значения крутизны скатов, а на перпендикулярах к основанию отложены в масштабе карты соответствующие им заложения. Через концы отложенных на графике заложений проведена плавная кривая. Для определения крутизны ската по масштабу заложения берут с карты в раствор циркуля-измерителя соответствующие заложения например, ab (если требуется определить наибольшую крутизну). Затем циркуль прикладывают к масштабу заложений так, чтобы одна ножка циркуля приходилась на линию основания, а другая - на кривую. При этом прямая, соединяющая ножки циркуля должна быть параллельна линиям заложений. Пусть отрезок ab занял на графике положение, отмеченное пунктиром (рис.4.5). В этом месте по надписям у основания графика на глаз определяют число градусов и долей градуса, характеризующих крутизну ската. На рис. 4.5, это составляет $2,3^\circ$.

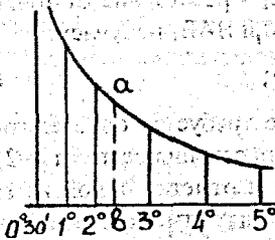
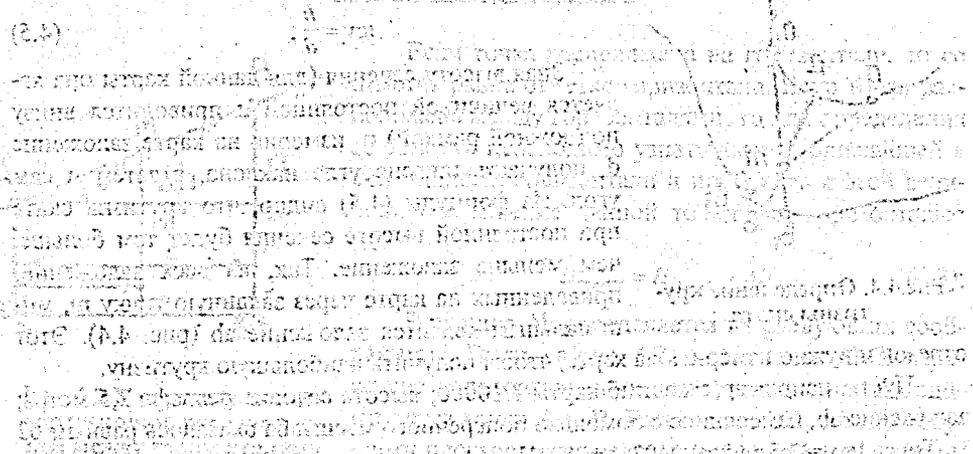


Рис.4.5. Масштаб заложений

Задание к лабораторной работе

1. Определить дирекционный угол, истинный и магнитный азимут и румб линии по заданному направлению.
 2. Определить отметку точки, лежащей между двумя горизонталями.
 3. Определить наибольшую и наименьшую крутизну ската по заданному в п.1, направлению.
- Результаты оформить в виде рисунков, как показано на рис.4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5.



ПОСТРОЕНИЕ ПРОФИЛЯ МЕСТНОСТИ ПО ЗАДАННОМУ НАПРАВЛЕНИЮ

Пусть по направлению АВ (рис. 5.1а) необходимо построить профиль, т.е. вертикальный разрез земной поверхности. Для этого отмечают точки пересечения линии АВ с горизонталями и со всеми характерными точками и линиями рельефа. На рис. 5.1а такие точки обозначены цифрами 1, 2, 3...

Далее на отдельном листе бумаги (обычно на миллиметровой) подчеркивают прямую линию (основание профиля), на которой намечают первую точку А, а остальные точки наносят путем откладывания взятых с плана расстояний до всех остальных точек 1, 2, 3 и т.д.

а.)

б.)



Рис. 5.1. Построение профиля по заданному направлению.

Затем определяют отметки всех намеченных точек. При этом отметки точек, лежащих на горизонтали, равны отметкам этих горизонталей, а отметки точек, находящихся между горизонталями, определяют описанным в параграфе 4.2. способом. В нашем примере, при подсчете отметок горизонталей, высота сечения рельефа принималась равной 2,5 м; отметки конечных точек А и В - заданы.

Полученные отметки подписывают у соответствующих точек основания профиля. К основанию профиля во всех точках восстанавливают перпендикуляры, на которых откладывают отметки соответствующих точек. Чтобы получить доста-

точно выразительный профиль, масштаб в вертикальном направлении берут в 20 раз крупнее масштаба горизонтального (т.е. масштаба карты). Так, для горизонтального масштаба 1:10000 вертикальный масштаб принимают равным 1:500.

Если принять линию основания за нулевую высоту, длина перпендикуляров получится большая. Во избежание этого основанию профиля придается некоторая отметка, называемая отметкой условного горизонта (рис.5.1) равная 140 м. Из отметок точек вычитают отметку условного горизонта и разность откладывают вверх от линии основания. Полученные точки соединяют плавной кривой, которая и будет линией профиля. Отметка условного горизонта назначается с таким расчетом, чтобы линия профиля отстояла от основания на несколько сантиметров.

Задание к лабораторной работе

1. Построить профиль местности по заданному направлению на карте. Результаты оформить в виде рис.5.1.б.
2. Дать топографическое описание местности для заданного квадрата.

Топографическое описание участка местности

Топографическая карта содержит большой объем информации о местности. Содержание карт и планов представляет собой графические символы - условные знаки, внешне напоминающие форму соответствующих элементов ситуации. Наглядность условных знаков раскрывает характер, смысловое содержание изображаемых предметов, дает возможность читать топографические материалы. Читать карту, план - значит понимать их содержание, изображенное условными знаками, уметь описать его своими словами. Это весьма важно для инженера-строителя.

Условные знаки подразделяют на:

- площадные;
- линейные;
- внемасштабные.

Площадные условные знаки применяют для заполнения площадей объектов, размеры которых выражаются в масштабе карты или плана и ограничиваются контурами, т.е. внешними очертаниями (пашни, леса, сады, пастбища и т.п.). Контурные объекты показывают точечным пунктиром, а внутреннее содержание отражают условными знаками.

Линейные условные знаки применяют для изображения объектов линейного вида, длина которых выражается в масштабе (дорожная сеть, линии связи, ЛЭП и т.п.). Ширина таких объектов в масштабе может не выражаться.

Внемасштабные условные знаки применяют для изображения местных предметов, которые нельзя выразить в масштабе карты (размеры их меньше точности масштаба), но они имеют значения ориентиров: мосты, отдельно стоящие деревья, колодцы, отдельно лежащие камни и др. К внемасштабным относят условные знаки, определяющие местоположение объектов, отображающие их характер и назначение, но по ним нельзя судить об их размерах.

Пояснительные надписи представляют собой цифровые данные, характеризующие элементы ситуации: габарит и грузоподъемность мостов, скорость и направление течения водотоков, средние размеры деревьев. Для большей наглядности карты и планы составляют и издают многокрасочными.

Элементы гидрографии показывают голубым цветом, растительность - зеленым, рельеф - горизонталями светло-коричневого цвета.

Кроме перечисленных условных знаков, являющихся обязательными для всех организаций, выпускающих топографические материалы, имеются специальные условные знаки. Они устанавливаются соответствующими отраслевыми организациями и применяются для составления специализированных карт и планов.

При решении многих инженерных задач, особенно на стадии проектирования будущего строительства сооружений составляют топографическое описание местности.

В описание включают следующие сведения:

1. Указывают наличие пунктов геодезической основы, их число и расположение.
2. Приводят сведения о населенных пунктах (число домов, общая планировка застройки, важнейшие объекты, такие как больницы, школы и т.д.).
3. Дают характеристику рельефа местности. Указывают наибольшие и наименьшие высоты местности, наличие оврагов, и других заметных форм рельефа.
4. Описывают наличие гидрографии местности (реки и их характеристики, ручьи, колодцы и т.д.).
5. Описывают пути сообщений (автомобильные и железные дороги). Для железных дорог показывают число путей, наличие насыпей и выемок. Для автомобильных - материал и ширину покрытия, указывают характеристики мостов, труб и т.д.
6. Описывают растительность, подробные описания лесных массивов (порода деревьев, высота их и толщина, расстояние между деревьями, наличие сплошных и отдельных кустарников, и т.д.).

При составлении описания следует внимательно изучить каждый условный знак в границах участка, расшифровать его смысл с привлечением условных знаков, указанных на полях карты.

Пример топографического описания участка местности.

Заданный участок находится в квадрате 67/14 (для определения квадрата даются последние две цифры координат юго-западного угла квадрата $X=67$, $Y=14$).

Карта масштаба 1:10 000, номенклатура карты У - 34 - 37 - В - в - 4. Геодезической основы на карте не имеется. Ближайший пункт геодезической сети находится в 1,2 км к северо-западу от участка на горе Михалинская.

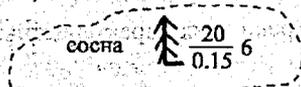
На участке расположена часть города Каменогорск с преобладанием огнестойких строений.

Рельеф местности слегка всхолмленный. Наибольшая высота на участке 158,4 м над уровнем моря в восточной части участка местности. Наименьшая в южной части около р. Каменки около 145,0 м. В северо-восточной части находится овраг. Овраг вытянут с юго-запада на северо-восток. В северо-западной части участка, находится яма. От г. Каменгорск к северу к устьям угольных шахтных стволов и штолен подходят шоссеиные дороги, вдоль дорог имеются огнеупорные постройки. От северной шахты за северную границу участка проходит грунтовая проселочная дорога. Из г. Снов на участок к песочному карьеру (глубина 2 м) проходит двухпутная железная дорога, под которой на участке проложены две трубы. Вдоль дороги имеются насыпи высотой до 1 м и выемки до 1 м. Вдоль дороги имеется неогнеупорная постройка. По участку протекает часть р. Каменка. Река берет начало из родника к западу от участка и впадает в озеро Черное к югу от участка.

Основная часть участка занята под пашню. К юго-востоку в г. Каменгорске имеются фруктовые и citrusовые сады. В юго-западной части участка расположен редкий лес с кустарником. В середине участка расположен сосновый лес. Средняя высота деревьев 20 м, толщина 0,15 м и расстояние между деревьями 6 м. К северо-востоку участка вдоль оврага имеются сплошные заросли кустарника.

Пример уловных знаков в квадрате 67/14:

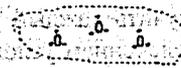
Масштабные:



- хвойные леса:

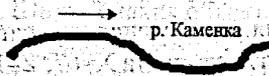


- овраги:



- кустарники:

Линейные:



- река:



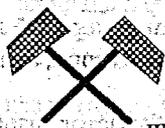
- шоссе:

однопутная железная дорога:

Внемасштабные:



строения, расположенные вне квадратов, огнестойкие;



Шах. уг.

устья вспомогательных шахтных стволов и штолен;

Пояснительные подписи:



$$\frac{20}{0.15} 6$$

Характеристики древостоев в м.
Числитель - средняя высота;
Знаменатель - средняя толщина стволов;
Справа от дроби - среднее расстояние между деревьями.



Лабораторная работа № 6

ИЗМЕРЕНИЕ ПЛОЩАДЕЙ ПЛАНИМЕТРОМ.

6.1. Общие сведения.

В зависимости от наличия или отсутствия планов и карт применяют следующие способы определения площадей.

1. Аналитический - вычисление площадей по результатам измерений линий и углов на местности с применением формул геометрии, тригонометрии, аналитической геометрии и т.д.

2. Графический - определение по плану или карте, когда участок, изображенный на карте делят на простейшие геометрические фигуры (треугольники, прямоугольники, трапеции и т.д.). В каждой фигуре на плане измеряют высоту и основание, по которым и вычисляют площадь, используя формулы геометрии.

3. Механический - определение по плану площади при помощи специальных приборов - планиметров. Планиметром называют прибор, позволяющий получить площадь любой фигуры путем ее обвода.

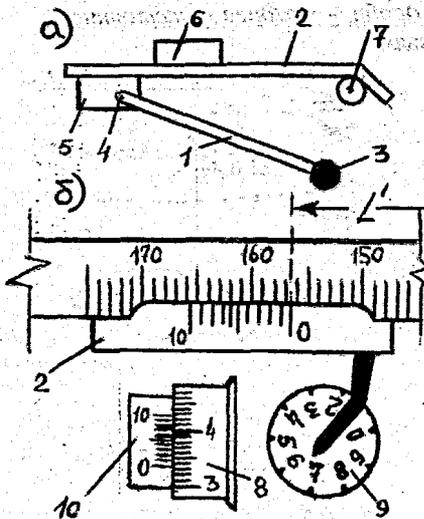


Рис.6.1. Схема устройства планиметра (а). Устройство счетного механизма (б).

(рис. 6.1.а). Она отсчитывается по шкале обводного рычага при помощи верньера 2. На рис.6.1.б $L'=156,7$. Основной и дополнительный счетный механизм имеет одинаковое устройство.

Счетный механизм (рис. 6.1.б) содержит счетное колесо 8, которое вращается при обводе контура: количество полных оборотов счетного колеса фиксируется

Последний способ получил наибольшее распространение. Поэтому в лабораторной работе основное внимание уделено изучению планиметра и практике определения площадей при помощи планиметра.

Планиметр полярный двухкареточный (ПП-2К) состоит из полусного 1 и обводного 2 рычагов (рис.6.1.а).

Полусный рычаг имеет полосу 3 с иглой для закрепления планиметра через бумагу на основе и шарнирное устройство 4 для соединения полусного рычага с обводным.

На обводном рычаге два счетных механизма: основной 5 и дополнительный 6. Они могут передвигаться по обводному рычагу, изменяя его длину. Длина обводного рычага 2 - это расстояние от обводной точки 7 до нуля шкалы верньера 2.

на циферблате 9; верньер 10 позволяет отсчитывать тысячные доли оборота счетного колеса.

Отсчет по механизму содержит четыре цифры (на рис. 6.1.6 отсчет $n=6336$). Первая цифра (6) отсчитывается по стрелке циферблата, вторая (3) и третья (3) берется по шкале счетного колеса до нулевого штриха верньера, четвертая (6) соответствует штриху верньера, совпадающего со штрихом колеса.

При закреплении полюса вне фигуры, площадь которой требуется определить, площадь S фигуры в га определяется по формуле:

$$S = \mu \cdot p; \quad (6.1)$$

$$\text{где } p = (n_K - n_H); \quad \mu = \frac{S'}{P'}$$

μ - цена деления планиметра;

p - площадь контура в делениях планиметра;

n_H, n_K - соответственно отсчеты до обвода фигуры и после;

S' - известная площадь в га;

P' - площадь того же контура, выраженная в делениях планиметра, т.е.

$$P' = n'_K - n'_H$$

Здесь n'_K, n'_H - отсчеты по механизму планиметра до обвода и после обвода заранее известной площади.

Занятие №1. Определение цены деления планиметра. Оценка точности выполненных измерений.

Ценой деления планиметра называется площадь, выраженная в га, соответствующая одному делению планиметра.

Для определения цены деления используют контур с известной площадью. Таким контуром может быть квадрат координатной сетки. На карте масштаба 1:10 000 площадь квадрата $S = 100$ га.

Квадрат обводят трижды. Отсчеты до обвода и после обвода берут по двум счетным механизмам и записывают их в табл. 6.1. в порядке, указанном цифрами (в скобках).

В графы 1 и 4 записывают отсчеты соответственно по основному и дополнительному механизмам. Вначале записывают начальные отсчеты (4593 и 5320), затем после первого обвода контура (5578 и 6309) далее после повторного обвода (6552 и 7293) и наконец после третьего (7528 и 8273). В графе 2 и 5 записывают вычисленные разности между последующими и предыдущими отсчетами, а в графы 3 и 6 средние их значения и наконец, в графу 7 записывают среднее значение из двух механизмов ($P' = 0981$), округляя все усредненные величины до делений планиметра. Далее вычисляют цену деления планиметра в га по формуле:

$$\mu' = \frac{S'}{P'}, \quad \text{га} \quad (6.2)$$

Определение цены деления планиметраПланиметр № 186 $L'=156,7$; $S'=100$ га

Основной счетный механизм			Дополнительный счетный механизм			Среднее
Отсчеты	Разность отсчетов	Среднее из разн. отсчетов	Отсчеты	Разность отсчетов	Среднее из разн. отсчетов	Из двух механизмов
4593 (1)	0985		5320 (2)	0989		
5578 (3)	0974	0978	6309 (4)	0984	0984	0981
6552 (5)	0976		7293 (6)	0980		
7528 (6)			8273 (7)			
$\mu' = \frac{S'}{P'} = \frac{100}{981} = 0,1019$						

Для данных таблицы 6.1. $\mu'=0,1019$ га при длине обводного рычага $L'=156,7$ мм. Такая цена деления планиметра неудобна для вычислений, поэтому целесообразно ее привести к удобной ($\mu=0,1000$ га) за счет изменения длины обводного рычага. Последнюю находят по формуле:

$$L = \frac{\mu \cdot L'}{\mu'} \quad (6.3)$$

Для приведенного примера:

$$L = \frac{0,1000 \cdot 156,7}{0,1019} = 153,8 \text{ мм};$$

Вычисленную длину рычага устанавливают перемещением основной каретки вдоль обводного рычага 2.

Оценка точности результатов измерений.

Цена деления планиметра в га определялась по формуле 6.2. Следовательно средняя квадратичная погрешность ее определения m_μ зависит от точности определения m_P разности P' .

Продифференцировав формулу 6.2. по переменным μ' и P' и, перейдя к средним квадратичным погрешностям, получим:

$$m_\mu = \frac{100}{P^2} \cdot m_P; \quad (6.4) \quad m_P = \sqrt{\frac{[V^2]}{n-1}}$$

где $[V^2] = V_1^2 + V_2^2 + \dots$ - сумма квадратов вероятнейших ошибок.

$$V_i = P_i - P';$$

Здесь P_i - полученные разности между средним значением и каждой отдельной разностью:

$$\left. \begin{aligned} V_1 &= 0985 - 0981 = +4 \\ V_2 &= 0974 - 0981 = -7 \\ V_3 &= 0976 - 0981 = -5 \end{aligned} \right\} \text{ - по основному механизму;}$$

$$\text{И}$$

$$\left. \begin{aligned} V_4 &= 0985 - 0981 = +8 \\ V_5 &= 0984 - 0981 = +3 \\ V_6 &= 0980 - 0981 = -1 \end{aligned} \right\} \text{ - по дополнительному механизму;}$$

$n-1$ - количество избыточных измерений. В нашем случае $n=6$; $n-1=5$.

Результаты удобно представлять в виде таблицы 6.3.

Таблица 6.3.

Оценка точности результатов измерений

№№ п.п.	V	V ²	
1	+4	16	$m_p = \sqrt{\frac{[V^2]}{n-1}} = \sqrt{\frac{164}{5}} = 5,7 \approx 6 \text{ дел.}$ $m_\mu = \frac{100}{p^2} \cdot m_p = \frac{100}{(981)^2} \cdot 6 = 0,0006 \text{ га.}$
2	-7	49	
3	-5	25	
4	+8	64	
5	+3	9	
6	-1	1	
$n=6$	$[V]=2$	$[V^2]=164$	

Следовательно: $P'=0981 \pm \text{бдел.}$

$\mu' = 0,1019 \pm 0,0006 \text{ га.}$

Занятие №2. Определение заданной площади S. Оценка точности результатов измерений.

При определении площади контур обводят два раза. При этом берут отсчеты до начала обвода и после по двум счетным механизмам. Так же как и при определении цены деления находят среднюю разность P из двух измерений. По формуле 6.1. определяют площадь фигуры.

Таблица 6.4

Журнал измерения площади

Основной счетный механизм			Основной счетный механизм			Среднее из двух счетных механизмов	Цена деления	Площадь, га
Отсчеты	Разность отсчетов	Среднее	Отсчеты	Разность отсчетов	Среднее			
8797			9373					
	1525			1533				
0322		1524	0906		1532	1528	0,1019	155,7
	1524			1530				
1846			2436					

Для примера, приведенного в таблице 6.4 получаем:

$$S = \mu * P' = 0,1019 * 1528 = 155,7 \text{ га.}$$

Оценка точности результатов измерений

Продифференцировав формулу 6.1 по переменным μ и P и, перейдя к средним квадратическим погрешностям, получим среднюю квадратическую погрешность определения площади:

$$m_s^2 = \mu^2 \cdot m_p^2 + p^2 \cdot m_\mu^2$$

Здесь m_p определяют, как и в предыдущем случае по данным таблицы 6.4, а m_μ берут из таблицы 6.3, т.е. $m_\mu = \pm 0,0006$ га

Для определения m_p полезно данные свести в таблицу 6.5.

Таблица 6.5.

Оценка точности результатов измерений.

№ п.п.	V	V ²	m_p
1	-3	9	$m_p = \sqrt{\frac{[V^2]}{n-1}} = \sqrt{\frac{54}{3}} = 4 \text{ дел.}$
2	-4	16	
3	+5	25	
4	+2	4	
$n=4$	$[V]=0$	$[V^2]=54$	

$$m_s^2 = \mu^2 \cdot m_p^2 + p^2 \cdot m_\mu^2 = (0,1019)^2 \cdot (4)^2 + (1528)^2 \cdot (0,0006)^2 = 1,0067 \text{ га}^2;$$

$$m_s = 1,0 \text{ га,}$$

Следовательно $S = 155,7 \pm 1,0$ га

$$\frac{m_s}{S} = \frac{1,0}{155,7}$$

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УКЛОНОВ И ГРАНИЦ ВОДОСБОРНОЙ ПЛОЩАДИ

7.1. Определение уклонов заданных участков, построение графиков заложений для уклонов, проведение линии с заданным уклоном.

Под уклоном линии (i) понимают тангенс угла наклона линии к горизонту или отношение превышения конца отрезка над его началом к горизонтальному проложению (рис. 7.1).

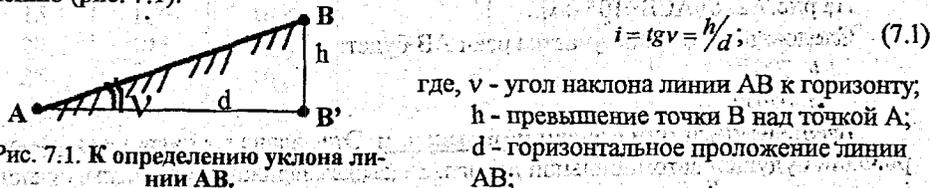


Рис. 7.1. К определению уклона линии AB .

Уклон линии обычно выражают в процентах (% - сотые доли единицы) или в промилях (‰ - тысячные доли единицы).

Уклон может быть положительным или отрицательным в зависимости от знака превышения.

Крутизна ската - угол, образуемый направлением ската AB и горизонтальной плоскостью.

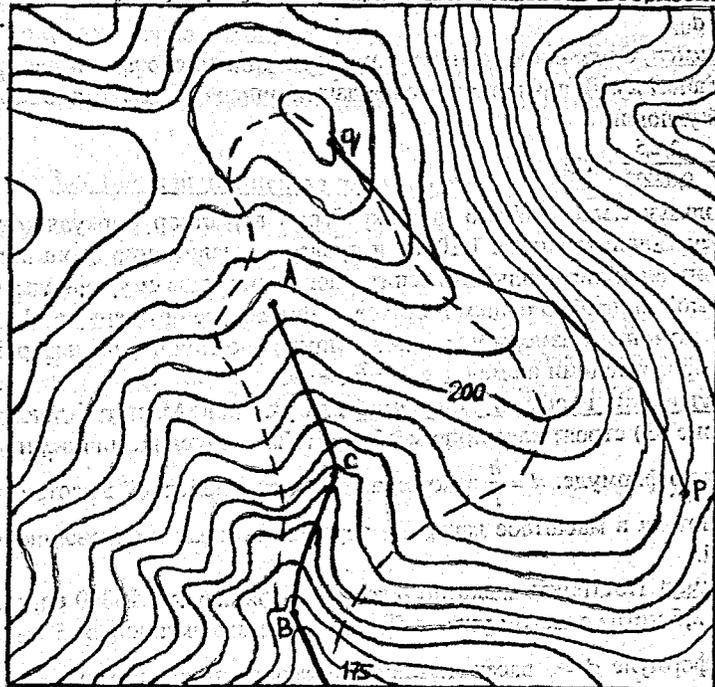


Рис. 7.2. Фрагмент карты для определения границы водосборной площади и проведение линии с заданным уклоном.

Пример: Определить уклон участка реки АВ (рис.7.2).

Для определения уклона на заданном участке определяют отметки точек (как показано в лаб. работе №4) H_a и H_b , по которым определяют превышение между заданными точками.

$$h = H_a - H_b, \quad (7.2)$$

Далее, пользуясь масштабной линейкой определяют горизонтальное расстояние между точками А и В, при этом учитывают изгибы участка реки, т.е. отдельно определяют расстояния АС и СВ, а затем их складывают.

На рис.7.2. $d=ACB=105.0$ м.

Следовательно уклон участка реки АВ будет:

$$i = \frac{h}{d} = \frac{25,4}{1050} = 0,024 = 2,4\% = 24\text{‰}$$

Проведение линии с заданным уклоном. Эта задача возникает при проектировании будущей автомобильной дороги. Задаваясь заданным проектным уклоном $i_{пр}$, вычисляют соответствующее ему заложение:

$d_{пр} = \frac{h}{i_{пр}}$, где h - высота сечения рельефа для данной карты. Построить линию с заданным уклоном, означает построить такую линию, вдоль которой все заложения, т.е. расстояния между горизонталями, должны быть не меньше, чем рассчитанные $d_{пр}$.

Пример. От точки Р до точки q провести линию с уклоном, не превышающим 22‰ (рис.7.2). Для решения этой задачи вычисляют заложение линии имеющей заданный уклон:

$$d_{пр} = \frac{2,5}{0,022} = 113,6\text{ м.}$$

Используя масштабную линейку берем в раствор циркуля отрезок равный 113,6 метра для масштаба 1:10000 и проверяем заложение вдоль линии рq. Если бы все они оказались больше рассчитанного или равны ему, то прямая рq являлась бы искомой линией. В нашем примере много заложений меньше 113,6 метров, поэтому с помощью измерителя строим ломанную линию, по которой расстояние между горизонталями не меньше 113,6 метров.

Построение графика заложений для уклонов. Масштаб заложений для уклонов (рис7.3) строят следующим образом. Задавшись различными уклонами вычисляют по формуле: $d = \frac{h}{i}$ заложения d при определенной высоте сечения h и складывают их в масштабе карты на перпендикулярах к основанию масштаба заложений.

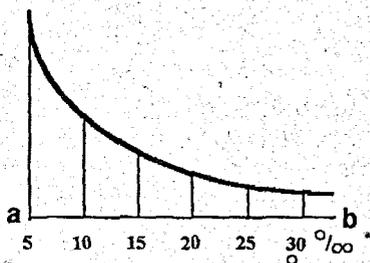
Пример. Построить масштаб заложений для карты 1:10000 с высотой сечения рельефа 2,5 метра с шагом уклона 5‰ для отрезка уклонов от 5‰ до 30‰ .

По формуле $d = \frac{h}{i}$ рассчитываем заложения и приводим их к масштабу карты (табл.7.1).

Таблица 7.1
Таблица уклонов и заложений.

$i, \text{‰}$	$d, \text{м}$	$d, \text{мм}$
1	2	3
5	500	50,0
10	250	25,0
15	166	16,6
20	125	12,5
25	100	10,0
30	83,3	8,3

Рис.7.3.График заложений для уклонов.



Далее на прямой ab рис.7.3. восстанавливают перпендикуляры длиной, равной соответствующим заложениям уклонов (табл. 7.1). Полученные и точки соединяют плавной прямой.

Определение границ водосборной площади. Водосборной называют площадь, с которой дождевые и талые весенние воды поступают в данное русло. Определение границ водосборной площади необходимо при проектировании плотин, для расчета отверстия трубы и т.д. Для определения границ водосборной площади на карте проводят границы водоразделов (рис .7.2) вблизи расположенных сооружений.

Задание к выполнению лабораторной работы.

1. Определить уклон участка реки на заданном участке.
2. Провести линию с заданным уклоном.
3. Построить график заложений для уклонов.
4. Определить границы водосборной площади, для участка реки (п.1).

Для выполнения задания необходимо сделать выкопировку на заданный участок на кальку или другую прозрачную бумагу и все решения выполнить на выкопировке, как показано на рис.7.2.

Учебное издание

Составители: Зеленский Алексей Михайлович
Фолитар Георгий Владимирович

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ:
«Инженерная геодезия»
Методические указания
Часть I
«Топографические карты, планы и
работа с ними»

Ответственный за выпуск Зеленский А. М.
Редактор Строкач Т.В.

Подписано к печати 28. 10. 97 г. Формат 60×84/16. Бумага писчая № 1. Усл. п.
л. 2,4. Уч. изд. л. 2,5. Заказ № 620. Тираж 300 экз. Бесплатно. Отпечатано на
ротапринте Брестского политехнического института. 224017, г. Брест, ул.
Московская, 267.