

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ГОУ ВПО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра землеустройства и кадастров

Н.С. Чмирев
А.В. Порошилов

ГЕОДЕЗИЯ

Методические указания
к выполнению практических занятий
для студентов ЛХФ, обучающихся на 1 курсе, 1 семестре,
по направлению 120700 «Землеустройство и кадастры»,
специальности 120302 «Земельный кадастр»

Екатеринбург
2011

Печатается по рекомендации методической комиссии ЛХФ.
Протокол № 4 от 16. сентября 2010 г.

Рецензент – доцент О.В. Сычугова

Редактор К.В. Корнева
Оператор компьютерной верстки Г.И. Романова

Подписано в печать 10.03.11		Поз. 32
Плоская печать	Формат 60x84 1/16	Тираж 50 экз.
Заказ №	Печ. л. 3,02	Цена 15 руб. 76 коп.

Редакционно-издательский отдел УГЛТУ
Отдел оперативной полиграфии УГЛТУ

ВВЕДЕНИЕ

Настоящие методические указания предназначены для выполнения практических работ по дисциплине «Геодезия» в 1 семестре для студентов 1 курса специальности 120302 «Земельный кадастр». Методические указания составлены в соответствии с государственным образовательным стандартом по дисциплине «Геодезия».

Геодезия является одной из базовых дисциплин для студентов специальности 120302 «Земельный кадастр». Цель ее изучения состоит в получении студентами системы знаний, умений и навыков, позволяющих им самостоятельно выполнять весь комплекс геодезических и инженерно-геодезических работ, связанных с составлением проектов землеустройства, планировки населенных мест, отвода земель и т.д.

Предложенная последовательность выполнения заданий обусловлена программой изучаемого курса. Каждая расчетно-графическая работа состоит из нескольких занятий. Каждое занятие имеет определенную цель, задачи, раскрывает основные понятия, определения и формулы, содержит подробные рекомендации и порядок ее выполнения. Контроль знаний студентов, в том числе и самоконтроль, может быть осуществлен с помощью контрольных заданий для самостоятельной работы, помещенных после каждого занятия.

Авторы выражают благодарность Г.А. Елисеевой за ценные рекомендации по улучшению содержания методических указаний.

РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1

Занятие 1. Масштабы. Условные топографические знаки

1.1. Масштабы

Цель работы: изучить виды масштабов, научиться пользоваться различными видами масштабов.

Общие сведения

Масштаб – отношение длины линии на плане или карте к длине горизонтального проложения соответствующей линии на местности.

Горизонтальное проложение – это проекция линии местности на горизонтальную плоскость.

Масштабы подразделяются на численный, именованный, линейный и поперечный.

Численный масштаб – дробь с числителем и знаменателем, показывающим степень уменьшения горизонтального проложения при изображении его на карте или плане. На топографических картах численный масштаб подписывается внизу листа карты в виде 1:М, например 1:10 000. Масштаб 1:10 000 означает, что 1 см на плане соответствует 10 000 см (100 м) на местности.

Именованный масштаб выражает в словесной форме количество метров или километров, соответствующее 1 см карты или плана, например «в 1 сантиметре 50 метров», что соответствует численному масштабу 1:5 000.

Линейный масштаб представляет собой график в виде отрезка прямой, разделенного на равные части, называемые **основанием масштаба**, с подписанными значениями, соразмерными длинам линий на местности. Он является графическим представлением численного масштаба.

Поперечный масштаб – это графический масштаб в виде номограммы, применяется для измерений и построений повышенной точности. Как правило, поперечный масштаб гравировают на металлических пластинах, линейках и транспортирах. Принцип построения следующий: на прямой АБ откладывают несколько оснований масштабов, равных 2 см; затем из концов оснований восстанавливают перпендикуляры длиной 2-3 см; крайние перпендикуляры делят на десять равных отрезков и через них проводят прямые, параллельные АБ (рис. 1.1).

Крайнее левое основание (снизу и сверху) делят также на 10 равных частей. Затем точку О основания соединяют с точкой Г, а через остальные точки (от 1 до 9) деления основания проводят наклонные линии, параллельные ОГ. Полученные линии называют **трансверсалиями**. Построенный таким образом масштаб с основанием 2 см называется нормальным или сотенным поперечным масштабом.

В треугольнике ГОС имеем 10 подобных треугольников. Величина основания каждого малого треугольника находится в зависимости от отношения его высоты к высоте треугольника ГОС. Отсюда следует, что основания малых треугольников дают возможность определить сотые доли от основания масштаба, т.е. в первом малом треугольнике его основание **dc** составляет 0,01 основания АО и называется наименьшим делением поперечного масштаба. Основания второго, третьего и следующих малых треугольников соответственно составляют 0,02, 0,03 и т.д. от основания масштаба.

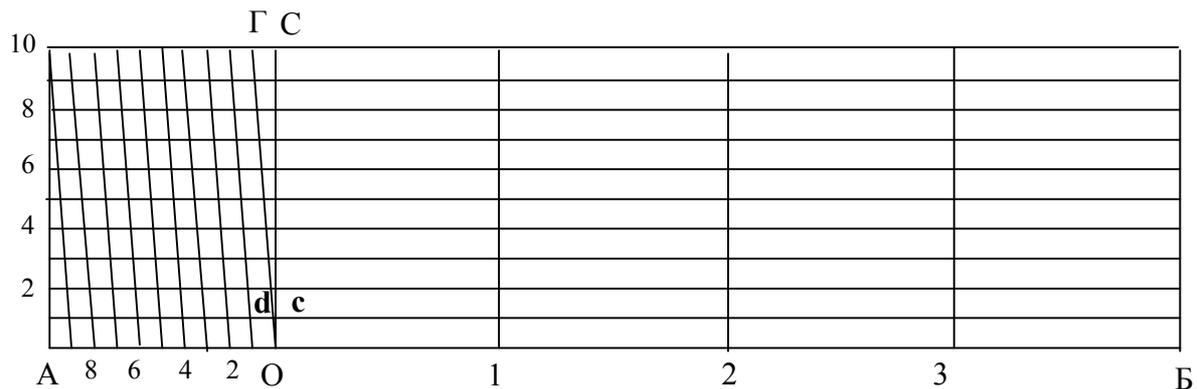


Рис. 1.1. Поперечный сотенный масштаб

Так, например, на поперечном сотенном масштабе 1:2 000, вправо от нуля, основаниям придаются значения: 40, 80, 120, 160 м. Слева от нуля, через одно значение, подписывают: 8, 16, 24, 32, 40 м. Строят перпендикуляры влево и через одно значение подписывают основания малых треугольников согласно принятому масштабу основания: 0,8, 1,6, 2,4, 3,2, 4,0 м (рис. 1.3).

Точность масштаба – это предельная возможность измерения и построения отрезков на планах и картах, составляющая 0,1 мм. Соответствующее ей число метров местности в масштабе плана или карты представляет собой предельную точность данного масштаба. Так, для карты масштаба 1:25 000 точность составит 2,5 м, для карты 1:10 000 – 1 м и т.д.

Задания

1. Рассчитать горизонтальное проложение линии на местности, соответствующее длине отрезка 2,4 см, на плане в масштабе 1:2 000.
2. Рассчитать длину отрезка, соответствующую горизонтальному проложению линии на местности в 273,5 м, на плане в масштабе 1:10 000.
3. Пользуясь линейным масштабом, определить длину отрезка на плане в масштабе 1:2 000, соответствующую измеренному расстоянию линии CD на местности. Расстояние равно 96 м.

4. Пользуясь поперечным масштабом, определить длину на плане в масштабе 1:2 000, соответствующую измеренному расстоянию линии EF на местности, равному 84,5 м.

5. Определить предельную точность масштаба для топографического плана в масштабе 1:2 000.

Порядок выполнения работы

Задание 1. Для определения горизонтального проложения линии на местности, если на топографическом плане масштаба 1:2 000 оно равняется 2,4 см, то умножим эту цифру на 2 000:

$$2,4 \cdot 2\,000 = 4\,800 \text{ (см)} = 48 \text{ (м)}.$$

Эту же задачу можно решить другим способом:

$$\begin{aligned} &\text{масштаб } 1:2\,000, \\ &\text{в } 1 \text{ см} - 2\,000 \text{ см;} \\ &\text{в } 1 \text{ см} - 20 \text{ м, тогда} \\ &2,4 \cdot 20 = 48 \text{ (м)}. \end{aligned}$$

Задание 2. Для определения длины отрезка на топографическом плане масштаба 1:10 000 запишем общую формулу масштаба:

$$\frac{1}{M} = \frac{S_{пл}}{S_{м}},$$

где M – знаменатель численного масштаба;

$S_{пл}$ – длина горизонтального проложения линии на плане;

$S_{м}$ – длина горизонтального проложения линии на местности.

Поскольку для масштаба 1:10 000 в 1 см 100 м, то:

$$S_{пл} = \frac{S_{м}}{10\,000} = \frac{273,5}{100} = 2,735 \approx 2,7 \text{ (см)}.$$

Задание 3. Для определения горизонтального проложения линии на местности, равного 96 м, на топографическом плане масштаба 1:2 000 сначала строят линейный масштаб. Принцип построения следующий: прочерчивают прямую линию, на ней откладывают несколько отрезков, равных 2 см. Затем первый отрезок или основание делят на 10 частей, каждая десятая часть основания называется наименьшим делением; в конце каждого основания справа и слева от нуля подписывают длину линии соответственно численному масштабу (рис. 1.2).

Далее циркулем-измерителем устанавливают раствор ножек, т.е. правую ножку измерителя устанавливают на ближайшее целое деление, меньшее определяемого проложения, а левую ножку – на ноль. Раствор измерителя покажет отрезок, соответствующий на местности 80 м. Значит, необходимо отложить еще 16 м. Наименьшее деление равно 4 м, следовательно, требуемое расстояние складывается из 4 отрезков по 4 м.

Общая длина линии будет равна сумме расстояний от нуля до правой ножки измерителя и от нуля до левой ножки измерителя. Первое расстояние равно 80, второе 16 м. Общая длина составит 96 м (см. рис. 1.2).

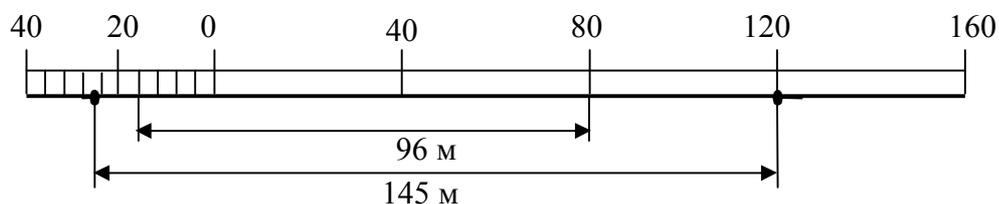


Рис. 1.2. Линейный масштаб 1:2 000

Недостатком линейного масштаба является то, что доли наименьшего деления отсчитываются на глаз. Например, определим в линейном масштабе 1:2 000 горизонтальное проложение линии на местности, соответствующее отрезку, взятому с плана (см. рис. 1.2). Не меняя раствора, прикладывают измеритель к линейному масштабу. Для этого правую ножку циркуля-измерителя устанавливают на 120 м, тогда левая ножка определит число целых десятых делений от основания масштаба, т.е. $4 \cdot 6 = 24$ (м). Ножка циркуля удалена от 6-го деления к 7-му примерно на 0,25 наименьшего деления, что соответствует: $4 \cdot 0,25 = 1$ (м). Следовательно, общая длина составит: $120 + 24 + 1 = 145$ (м).

Задание 4. Для определения горизонтального проложения линии на местности, равного 84,5 м, на топографическом плане масштаба 1:2 000 сначала строят поперечный масштаб. Чтобы отложить на нем горизонтальное проложение линии АВ на местности, равное 84,5 м, вправо от нуля имеем 2 основания (т.е. 80 м), с левой стороны одно деление (т.е. 4 м). Далее 0,5 м возьмем на глаз, поднимаясь вверх по наклонной прямой (трансверсали), поскольку значение находится между 0,4 и 0,8 м (рис. 1.3). Горизонтальное проложение линии АВ на местности составит: $80 + 4 + 0,5 = 84,5$ (м).

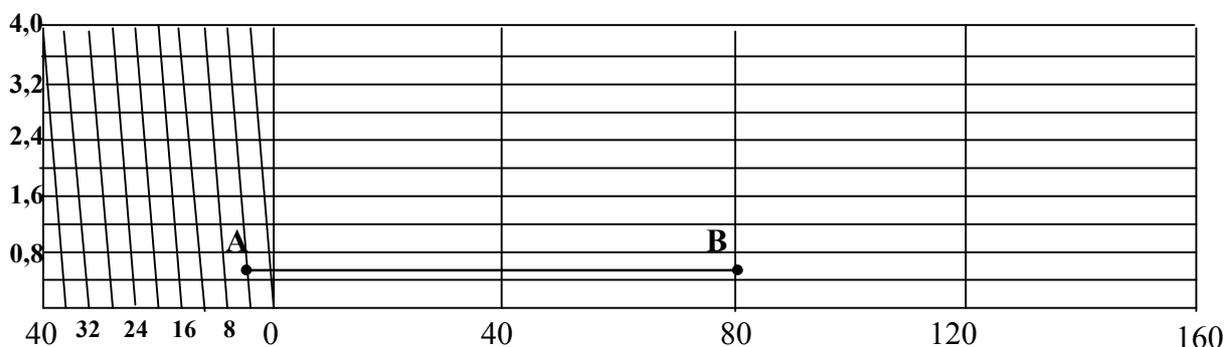


Рис. 1.3. Поперечный сотенный масштаб 1:2 000

Задание 5. Точностью масштаба называется наименьшая длина линии на местности, меньше которой на плане или карте нельзя различить невооруженным глазом отдельные детали местности, она составляет 0,1 мм в масштабе карты или плана. Для масштаба 1:2 000 она составит:

1 см – 20 м,
1 мм – 2 м,
0,1 мм – 0,2 м.

Контрольные задания для самостоятельной работы

Задание 1. Рассчитать горизонтальное проложение линии на местности, соответствующее длине отрезка на топографическом плане (табл. 1.1).

Таблица 1.1

Данные для задания 1

№ варианта	Длина линии на плане, см	Масштаб плана	№ варианта	Длина линии на плане, см	Масштаб плана
1	2,4	1:1 000	7	5,2	1:1 000
2	3,5	1:10 000	8	3,8	1:500
3	4,1	1:500	9	4,8	1:5 000
4	1,7	1:5 000	10	3,2	1:2 000
5	3,7	1:10 000	11	3,8	1:10 000
6	2,9	1 2 000	12	2,9	1:5 000

Задание 2. Рассчитать длину отрезка, соответствующую горизонтальному проложению линии АВ на местности, на карте или плане (табл. 1.2).

Таблица 1.2

Данные для задания 2

№ варианта	Длина линии АВ на местности, м	Масштаб плана	№ варианта	Длина линии АВ на местности, м	Масштаб плана
1	273,5	1:10 000	7	263,0	1:10 000
2	175,4	1:25 000	8	445,5	1:5 000
3	371,2	1:2 000	9	177,5	1:10 000
4	457,5	1:10 000	10	473,5	1:5 000
5	478,0	1:25 000	11	183,0	1:10 000
6	173,5	1:5 000	12	478,5	1:5 000

Задание 3. Пользуясь линейным масштабом, определить на топографическом плане или карте длину отрезка, соответствующую измеренному расстоянию линии CD на местности (табл. 1.3).

Таблица 1.3

Данные для задания 3

№ варианта	Длина линии АВ на местности, м	Масштаб плана	№ варианта	Длина линии АВ на местности, м	Масштаб плана
1	276	1:10 000	7	965	1:1 000
2	364	1:5 000	8	3 570	1:50 000
3	796	1:10 000	9	780	1:10 000
4	1150	1:25 000	10	240	1:10 000
5	1250	1:25 000	11	845	1:10 000
6	97	1:1 000	12	2 520	1:25 000

Задание 4. Пользуясь поперечным масштабом, определить на топографическом плане или карте длину, соответствующую измеренному расстоянию линии EF на местности (табл. 1.4).

Таблица 1.4

Данные для задания 4

№ варианта	Длина линии АВ на местности, м	Масштаб плана	№ варианта	Длина линии АВ на местности, м	Масштаб плана
1	84,5	1:1 000	7	74,3	1:2 000
2	93,5	1:2 000	8	84,5	1:10 000
3	25,40	1:500	9	35,60	1:500
4	22,30	1:1 000	10	22,30	1:1 000
5	15,40	1:500	11	20,40	1:1 000
6	17,20	1:500	12	20,40	1:1 000

Задание 5. Определить предельную точность масштаба для топографического плана (табл. 1.5).

Таблица 1.5

Данные для задания 5

№ варианта	Масштаб плана	№ варианта	Масштаб плана	№ варианта	Масштаб плана
1	1:500	5	1:5 000	9	1:1 000
2	1:500	6	1:10 000	10	1:2 000
3	1:10 000	7	1:500	11	1:1 000
4	1:2 000	8	1:2 000	12	1:2 000

1.2. Условные топографические знаки

Цель работы: изучить виды условных знаков, усвоить их смысловое содержание, т.е. отношение к изображаемым объектам, явлениям и процессам.

Общие сведения

Важнейшим показателем топографических карт и планов является их наглядность. Она достигается применением соответствующих условных знаков, для обозначения различных объектов и их характеристик. Условные знаки отдельных объектов указывают их вид (шоссе, болото и т.д.) и характеристики (ширину и покрытие проезжей части дороги и т.д.); определяют пространственное положение, плановые размеры и формы объектов. В связи с этим условные знаки подразделяют на:

- линейные условные знаки;
- площадные условные знаки;
- внемасштабные условные знаки
- пояснительные условные знаки.

Линейные условные знаки показывают объекты линейного характера, длина которых выражена в данном масштабе (дороги, реки, линии связи и т.д.).

Площадные условные знаки применяют для заполнения площадей (пашня, лес, луг, озеро и т.д.); состоят из знака объекта (точечный пунктир и др.) и заполняющих его изображений или условной окраски.

Внемасштабные условные знаки служат для изображения объектов, размеры которых не отображаются в данном масштабе карты (мосты, колодцы, геодезические пункты и т.д.).

Пояснительные условные знаки представляют собой цифровые и буквенные надписи, характеризующие объекты. Их ставят на основных площадных, линейных, внемасштабных условных знаках (глубина и скорость реки, емкость и ширина моста, порода леса и т.д.).

Задание

Изобразить карандашом 12 условных знаков объектов местности в соответствии с выданным вариантом задания (табл. 1.6).

Порядок выполнения работы

Ознакомьтесь с основными площадным, линейными и внемасштабными условными знаками, пользуясь таблицами, на листах формата А4 изобразите карандашом, в соответствии с вариантом, 8 условных знаков (табл. 1.6, прил. 1).

Контрольные задания для самостоятельной работы

Таблица 1.6

Данные контрольных заданий для самостоятельной работы

№	Условные знаки топографических объектов
1	1. Пункт государственной геодезической сети. 2. ЛЭП на незастроенной территории. 3. Железные дороги. 4. Обрывы скалистые. 5. Леса естественные высокоствольные. 6. Кустарники. 7. Растительность травяная, луговая. 8. Пески
2	1. Откосы укрепленные. 2. ЛЭП на застроенной территории. 3. Дороги зимние. 4. Мосты металлические. 5. Горизонтالي. 6. Криволесье. 7. Кустарники колючие. 8. Растительность высокотравная
3	1. Знаки нивелирные. 2. Часовни. 3. Электрокабели подземные. 4. Автомагистрали и их характеристики. 5. Мосты деревянные. 6. Криволесье. 7. Растительность лишайниковая. 8. Виноградники
4	1. Сооружения башенного типа капитальные. 2. Овощехранилища, оранжереи и парники. 3. Откосы неукрепленные. 4. Трубопроводы подземные. 5. Дороги в выемках. 6. Овраги и промоины. 7. Растительность травяная, влаголюбивая. 8. Ягодники
5	1. Строения жилые огнестойкие. 2. Колонки. 3. Вышки нефтяные и газовые, факелы газовые. 4. ЛЭП на незастроенной территории. 5. Участки труднопроходимые. 6. Мосты каменные, бетонные, железобетонные. 7. Участки леса вырубленные. 8. Сенокосы заболоченные
6	1. Опоры металлические. 2. Колодцы и их характеристики. 3. ЛЭП на застроенной территории. 4. Трубопроводы наземные. 5. Автомагистрали и их характеристики. 6. Редколесье высокоствольное. 7. Сады фруктовые. 8. Поверхности глинистые
7	1. Строения жилые неогнестойкие. 2. Мосты металлические. 3. Отвалы пород. 4. Маяки. 5. Трубопроводы подземные. 6. Горизонтали. 7. Ягодники. 8. Кустарники колючие
8	1. Маяки. 2. Мосты деревянные. 3. Ямы. 4. Полосы древесных насаждений. 5. Обрывы скалистые. 6. Оползни. 7. Пески. 8. Растительность травяная влаголюбивая
9	1. Знаки нивелирные. 2. Павильоны, беседки. 3. Электрокабели подземные. 4. Дороги грунтовые. 5. Горизонтали. 6. Виноградники. 7. Поверхности щебеночные и каменные россыпи. 8. Растительность лишайниковая
10	1. Плотины земляные. 2. Путепроводы. 3. Маяки. 4. Трубопроводы наземные. 5. Дороги грунтовые. 6. Обрывы скалистые. 7. Кустарнички. 8. Растительность степная
11	1. Пункты государственной геодезической сети. 2. Колодцы и их характеристики. 3. Электрокабели наземные. 4. Овраги и промоины. 5. Горизонтали. 6. Пески. 7. Кустарники. 8. Залежи чистые
12	1. Бензоколонки, колонки дизельного топлива. 2. Маяки. 3. Мосты двухъярусные. 4. Обрывы земляные. 5. ЛЭП на застроенной территории. 6. Автомагистрали и их характеристики. 7. Земли заболоченные. 8. Сады фруктовые

Занятие 2. Ориентирование направлений

Цель работы: научиться вычислять дирекционный угол, географический и магнитный азимуты, определять дирекционный угол и румбы направлений линий.

Общие сведения

Ориентировать линию – значит определить ее направление относительно другого, принятого за начальное. В геодезии за начальное направление принимают:

- географический (истинный) меридиан точки;
- осевой меридиан зоны;
- магнитный меридиан точки.

Ориентирный угол – угол между начальным направлением и направлением данной линии, отсчитанный по ходу часовой стрелки.

Магнитный меридиан – проекция оси свободно подвешенной стрелки на уровенную поверхность.

Осевой меридиан – средний меридиан зоны в проекции Гаусса.

Горизонтальный угол – линейный угол двугранного угла между отвесными проектирующими плоскостями, проходящими соответственно через стороны угла на местности, отсчитываемый по ходу часовой стрелки. Обозначается β , изменяется от 0 до 360°.

Истинный (географический) азимут – горизонтальный угол, отсчитываемый от северного направления географического (истинного) меридиана, проходящего через данную точку, до направления данной линии по ходу часовой стрелки. Обозначается A , изменяется от 0 до 360° (рис. 2.1а).

Сближение меридианов – горизонтальный угол между касательными к двум меридианам, проходящим через две данные точки, лежащие на одной параллели, называется сближением меридианов, обозначается γ и вычисляется по формуле:

$$\gamma = \Delta\lambda \cdot \sin\varphi = (\lambda_1 - \lambda_2) \sin\varphi,$$

где λ_1 и λ_2 – долготы меридианов, проходящие через пункты 1 и 2.

φ – широта параллели, на которой находятся пункты 1 и 2.

Гауссово сближение меридианов является частным случаем сближения меридианов, когда данный пункт находится в зоне проекции Гаусса и определяется по формуле:

$$\gamma_{\Gamma} = (L_i - L_0) \sin B_i,$$

где L_i – геодезическая долгота меридиана в i -м пункте,

L_0 – геодезическая долгота осевого меридиана зоны в проекции Гаусса,

B_i – геодезическая широта i -го пункта.

Значение γ_{Γ} положительное для всех точек зоны к востоку от осевого меридиана (восточное сближение) и отрицательное для всех точек, расположенных к западу (западное сближение).

Азимут прямой линии в разных ее точках имеет разные значения, т.к. меридианы непараллельны между собой. Азимут этой линии в точке С отличается от азимута линии в точке В на величину сближения меридианов точек В и С:

$$A_{CD} = A_{BC} - \gamma.$$

Различают прямое и обратное направления линии, например в точке С линии ВD прямое направление – CD, обратное направление – DC.

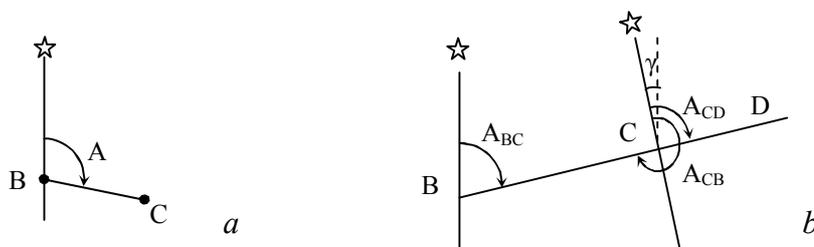


Рис. 2.1. Истинный азимут и сближение меридианов

$$A_{BC} = A_{CB} + 180^\circ + \gamma$$

Прямой и обратный азимуты линии в одной точке различаются ровно на 180° , однако, для разных точек линии это равенство не выполняется (рис. 2.1 б).

Магнитный азимут – горизонтальный угол, отсчитываемый от северного направления магнитного меридиана, проходящего через данную точку, до направления данной линии по ходу часовой стрелки. Обозначается A_M , изменяется от 0 до 360° (рис. 2.2).

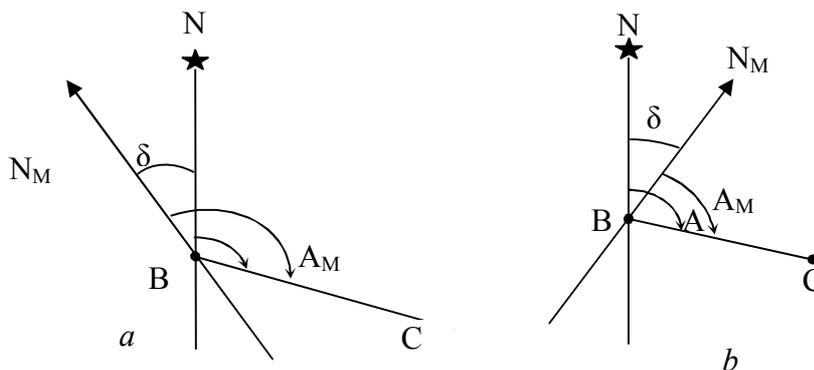


Рис. 2.2. Связь между истинным и магнитным азимутами:

- a* – при западном магнитном склонении,
- б* – при восточном магнитном склонении

Склонение магнитной стрелки – горизонтальный угол, на который магнитный меридиан отклоняется от истинного в данной точке, обозначается δ . Зависимость между магнитным и географическим азимутами определяется по формуле:

$$A = A_M + \delta.$$

Если северный конец магнитной стрелки отклоняется к востоку географического меридиана, то склонение считается восточным и положительным, если к западу, то западным и отрицательным.

Дирекционный угол – горизонтальный угол, отсчитываемый от северного направления осевого меридиана зоны или линии, параллельной ему, до направления данной линии по ходу часовой стрелки. Обозначается α , изменяется от 0 до 360° .

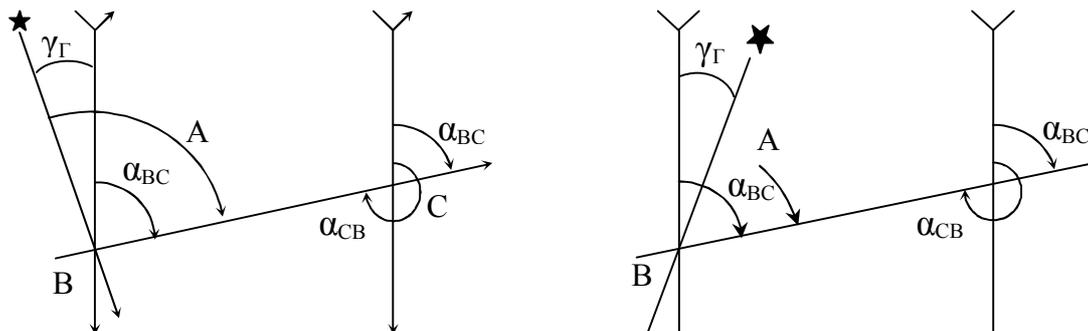


Рис. 2.3. Связь между дирекционным углом и истинным азимутом

Поскольку направление осевого меридиана для зоны одно, то дирекционный угол прямой линии отличается от обратного ровно на 180° и одинаков во всех ее точках. Связь географического азимута и дирекционного угла одной и той же прямой линии выражается (рис. 2.3, табл. 2.1):

$$A = \alpha + \gamma .$$

Зависимость между горизонтальным углом и дирекционными углами его сторон, называемая передачей дирекционного угла на последующие стороны, имеет вид:

- дирекционный угол следующего направления равен дирекционному углу предыдущего плюс 180° и минус правый по ходу угол (β_{np}) между этими направлениями (рис. 2.4):

$$\alpha_{CD} = \alpha_{BC} + 180^\circ - \beta_{np} ;$$

- дирекционный угол следующего направления равен дирекционному углу предыдущего минус 180° и плюс левый по ходу ($\beta_{лев}$) угол между этими направлениями (рис. 2.4):

$$\alpha_{CD} = \alpha_{BC} - 180^\circ + \beta_{лев} .$$

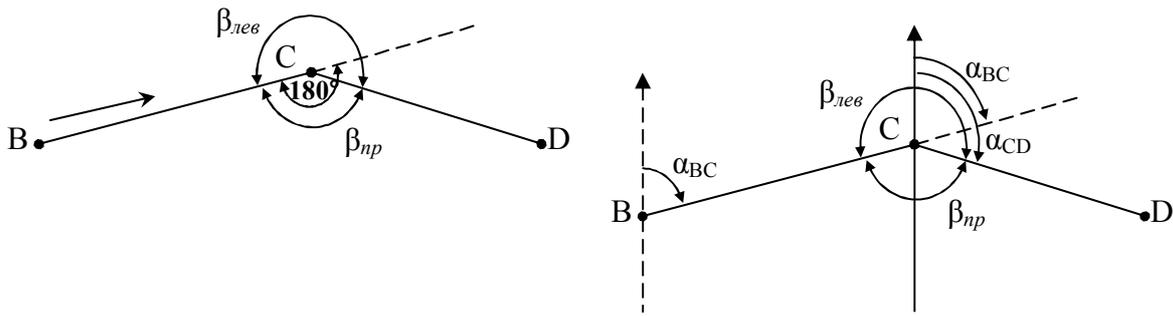


Рис. 2.4. Зависимость между горизонтальным углом и дирекционными углами его сторон

Румб – острый угол, отсчитываемый от ближайшего направления меридиана до направления данной линии. Обозначается r , изменяется от 0 до 90° (рис. 2.5). Название румба зависит от названия меридиана: географический, магнитный или дирекционный.

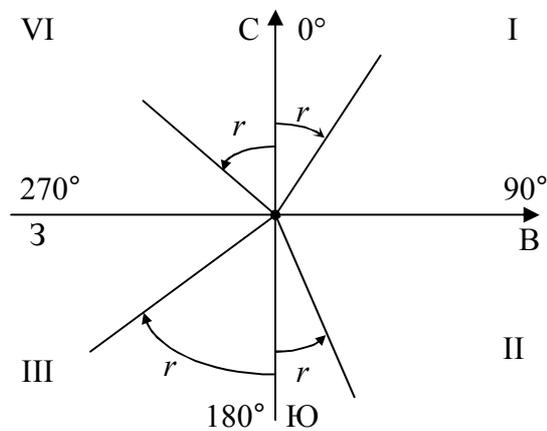


Рис. 2.5. Румбы направлений в разных четвертях

Таблица 2.1

Зависимость между азимутами, дирекционными углами и румбами

Четверть	Пределы изменения азимута	Название румба и формула	Формула азимута	Формула дирекционного угла
I	$0-90^\circ$	СВ: $r=A_1$	$A_1=r_1$	$\alpha_1=r_1$
II	$90-180^\circ$	ЮВ: $r_2=180^\circ-A_1$	$A_1=180^\circ-r_2$	$\alpha_2=180^\circ-r_2$
III	$180-270^\circ$	ЮЗ: $r_3=A_3-180^\circ$	$A_3=180^\circ+r_3$	$\alpha_3=180^\circ+r_3$
IV	$270-360^\circ$	СЗ: $r_4=360^\circ-A_4$	$A_4=360^\circ-r_4$	$\alpha_4=360^\circ-r_4$

Задания

1. Магнитный азимут линии АВ равен $65^\circ 30'$. Вычислите географический азимут линии, если склонение магнитной стрелки западное $5^\circ 30'$. Нарисовать схему.

2. Дирекционный угол линии АВ равен $315^\circ 20'$. Вычислите дирекционный угол линии ВА.

3. Истинный азимут линии АВ равен $245^{\circ}30'$. Вычислите истинный румб этой линии.

4. Вычислите дирекционный угол линии 3-4, если дирекционный угол линии 2-3 равен $75^{\circ}00'$, а левый по ходу угол на точке 3 равен $95^{\circ}20'$.

5. Вычислите горизонтальный угол АВС, если дирекционный угол линии ВА равен $175^{\circ}00'$ и дирекционный угол линии ВС равен $280^{\circ}20'$.

Порядок выполнения работы

Задание 1. Пусть магнитный азимут линии АВ, $A_{AB}^M = 65^{\circ}30'$, склонение магнитной стрелки западное, $\delta = -5^{\circ}30'$, тогда географический азимут будет равен (рис. 2.6):

$$A_{AB}^{\Gamma} = A_{AB}^M + \delta = 63^{\circ}30' - 5^{\circ}30' = 58^{\circ}00'.$$

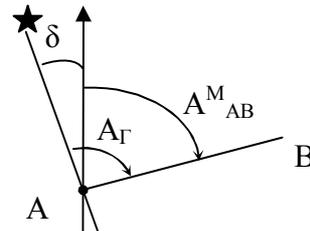


Рис. 2.6. Схема

Задание 2. Дирекционный угол прямой линии АВ, $\alpha_{AB} = 315^{\circ}20'$, тогда обратный дирекционный угол линии ВА равен (рис. 2.7):

$$\alpha_{обр} = \alpha_{пр} - 180^{\circ} = 315^{\circ}20' - 180^{\circ} = 135^{\circ}20'.$$

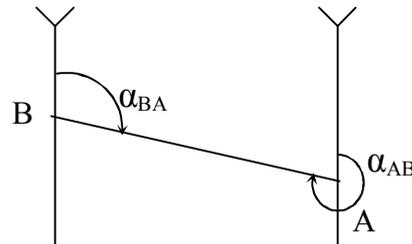


Рис. 2.7. Схема

Задание 3. Поскольку истинным азимутом линии АВ является $A_{AB}^{\Gamma} = 245^{\circ}30'$, и находится он в III четверти, т.е. $270^{\circ} > A_{AB}^{\Gamma} > 180^{\circ}$, то румб линии АВ определяется по формуле (рис. 2.8):

$$r = A_{AB}^{\Gamma} - 180^{\circ} = 245^{\circ}30' - 180^{\circ} = 65^{\circ}30',$$

ЮЗ: $65^{\circ}30'$.

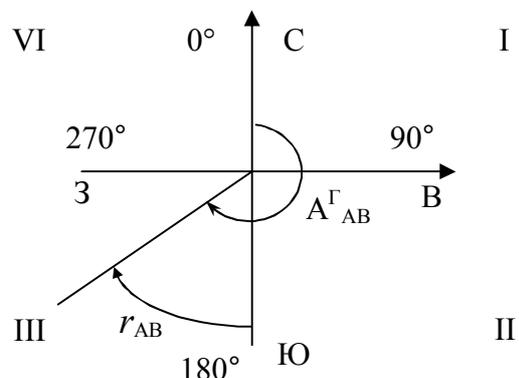


Рис. 2.8. Схема

Задание 4. Зависимость между горизонтальным углом и дирекционными углами его сторон имеет вид (рис. 2.9):

$$\alpha_{3-4} = \alpha_{2-3} - 180^\circ + \beta_{лев}$$

$$\begin{array}{r} 75^\circ 00' \\ + 95^\circ 20' \\ \hline 175^\circ 20' \\ - 180^\circ 00' \\ + 360^\circ 00' \\ \hline 350^\circ 20' \end{array}$$

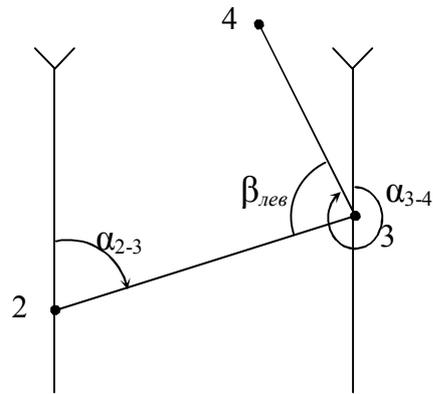


Рис. 2.9. Схема

Задание 5. Поскольку дирекционные углы линий ВА и ВС имеют общую точку В и являются прямыми, то горизонтальный угол АВС определяется следующим образом (рис. 2.10):

$$\angle ABC = \alpha_{BC} - \alpha_{BA} = 280^\circ 20' - 175^\circ = 105^\circ 20'$$

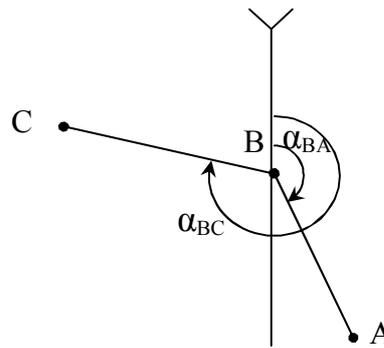


Рис. 2.10. Схема

Контрольные задания для самостоятельной работы

Задание 1. Вычислить географический азимут линии АВ по известному магнитному азимуту и магнитному склонению (табл. 2.2). Нарисовать схему.

Таблица 2.2

Данные для задания 1

№ варианта	Магнитный азимут, A_{AB}^M	Склонение магнитной стрелки, δ	№ варианта	Магнитный азимут, A_{AB}^M	Склонение магнитной стрелки, δ
1	$65^\circ 10'$	$5^\circ 30'$ (западное)	7	$44^\circ 10'$	$4^\circ 30'$ (восточное)
2	$245^\circ 30'$	$6^\circ 30'$ (западное)	8	$137^\circ 30'$	$8^\circ 15'$ (западное)
3	$200^\circ 50'$	$6^\circ 35'$ (восточное)	9	$269^\circ 40'$	$5^\circ 35'$ (западное)

4	289°30′	4°25′ (восточное)	10	315°50′	2°35′ (западное)
5	75°40′	6°50′ (западное)	11	57°10′	5°15′ (западное)
6	114°20′	5°20′ (западное)	12	155°30′	6°15′ (западное)

Задание 2. Определить дирекционный угол α_{BA} обратного направления линии АВ по известному дирекционному углу α_{AB} (табл. 2.3). Нарисовать схему.

Таблица 2.3

Данные для задания 2

№ варианта	α_{AB}	№ варианта	α_{AB}	№ варианта	α_{AB}
1	315°10′	5	217°50′	9	96°20′
2	237°40′	6	135°10′	10	162°40′
3	228°20′	7	321°50′	11	265°30′
4	355°50′	8	288°40′	12	342°50′

Задание 3. Вычислить истинный румб линии r_{CD} по известному истинному азимуту A_{CD} (табл. 2.4). Нарисовать схему.

Таблица 2.4

Данные для задания 3

№ варианта	A_{CD}	№ варианта	A_{CD}	№ варианта	A_{CD}
1	245°30′	5	165°20′	9	145°30′
2	213°20′	6	227°20′	10	271°20′
3	105°20′	7	95°20′	11	283°40′
4	318°20′	8	294°20′	12	245°30′

Задание 4. Вычислить дирекционный угол линии 3-4, по известному дирекционному углу линии 2-3 и горизонтальному углу на точке (табл. 2.5). Нарисовать схему.

Таблица 2.5

Данные для задания 4

№ варианта	α_{2-3}	β_3	№ варианта	α_{2-3}	β_3
1	75°00′	95°20′ (левый по ходу)	7	42°30′	115°20′ (правый по ходу)
2	145°00′	245°20′ (левый по ходу)	8	71°00′	98°20′ (левый по ходу)
3	123°00′	275°20′ (левый по ходу)	9	93°40′	61°00′ (правый по ходу)
4	68°00′	81°20′ (правый по ходу)	10	137°10′	244°20′ (левый по ходу)

5	173°00′	172°20′ (левый по ходу)	11	172°20′	182°20′ (правый по ходу)
6	157°00′	215°20′ (левый по ходу)	12	55°30′	271°20′ (левый по ходу)

Задание 5. Вычислить горизонтальный угол ABC по известным дирекционным углам линии BA и линии BC (табл. 2.6). Нарисовать схему.

Таблица 2.6

Данные для задания 5

№ варианта	α_{BA}	α_{BC}	№ варианта	α_{BA}	α_{BC}	№ варианта	α_{BA}	α_{BC}
1	175°00′	280°20′	5	75°00′	205°20′	9	75°00′	205°20′
2	175°00′	280°20′	6	175°00′	280°20′	10	175°00′	280°20′
3	145°00′	215°20′	7	145°00′	215°20′	11	175°00′	280°20′
4	15°00′	95°20′	8	15°00′	95°20′	12	15°00′	95°20′

Задание 6. Вычислить дирекционный угол линии AB по известному магнитному азимуту, магнитному склонению и сближению меридианов (табл. 2.7). Нарисовать схему.

Таблица 2.7

Данные для задания 6

№ варианта	A_{AB}^M	δ	γ	№ варианта	A_{AB}^M	δ	γ
1	65°30′	6°30′ (зап.)	2°30′ (зап.)	7	112°30′	3°30′ (вост.)	1°30′ (вост.)
2	125°10′	3°30′ (вост.)	2°30′ (зап.)	8	144°30′	3°30′ (вост.)	1°30′ (вост.)
3	95°50′	1°20′ (зап.)	5°50′ (вост.)	9	44°30′	6°30′ (зап.)	1°30′ (зап.)
4	134°30′	4°20′ (зап.)	2°30′ (зап.)	10	215°30′	4°30′ (вост.)	2°10′ (зап.)
5	122°10′	5°20′ (зап.)	3°30′ (зап.)	11	172°10′	3°40′ (зап.)	2°10′ (вост.)
6	92°30′	2°30′ (зап.)	1°30′ (вост.)	12	194°10′	2°50′ (вост.)	3°10′ (зап.)

Занятие 3. Номенклатура и разграфка топографических планов и карт

Цель работы: изучить номенклатуру топографических карт и планов. Научиться определять номенклатуру топографических карт и планов для точек с заданными географическими координатами.

Общие сведения

Номенклатура – это система нумерации отдельных листов топографических карт и планов разных масштабов. Схема взаимного расположения отдельных листов называется разграфкой (рис. 3.1).

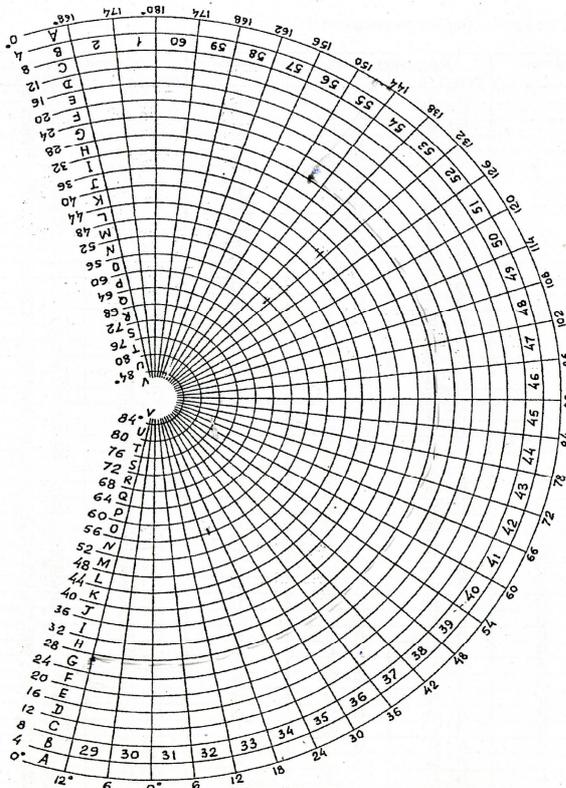


Рис. 3.1. Разграфка листов карты масштаба 1:1 000 000

Карта – уменьшенное изображение на плоскости всей земли в целом или значительных ее частей с учетом кривизны уровенной поверхности.

План местности – изображение в подобном и уменьшенном виде проекции местности на горизонтальную плоскость.

Основой международной номенклатуры и разграфки является лист карты масштаба 1:1 000 000 (рис. 3.2). Вся поверхность Земли условно разделена меридианами и параллелями на трапеции размером 4° по широте и 6° по долготе. Каждая трапеция имеет свою номенклатуру.

Меридиан – это воображаемая линия, образованная секущей плоскостью, проходящей через ось вращения Земли.

Параллель – это воображаемая линия, образованная на поверхности Земли секущей плоскостью, перпендикулярной оси вращения Земли.

Листы карт, на которых изображаются трапеции между двумя соседними параллелями, образуют ряды, обозначаемые заглавными буквами латинского алфавита от А до Z.

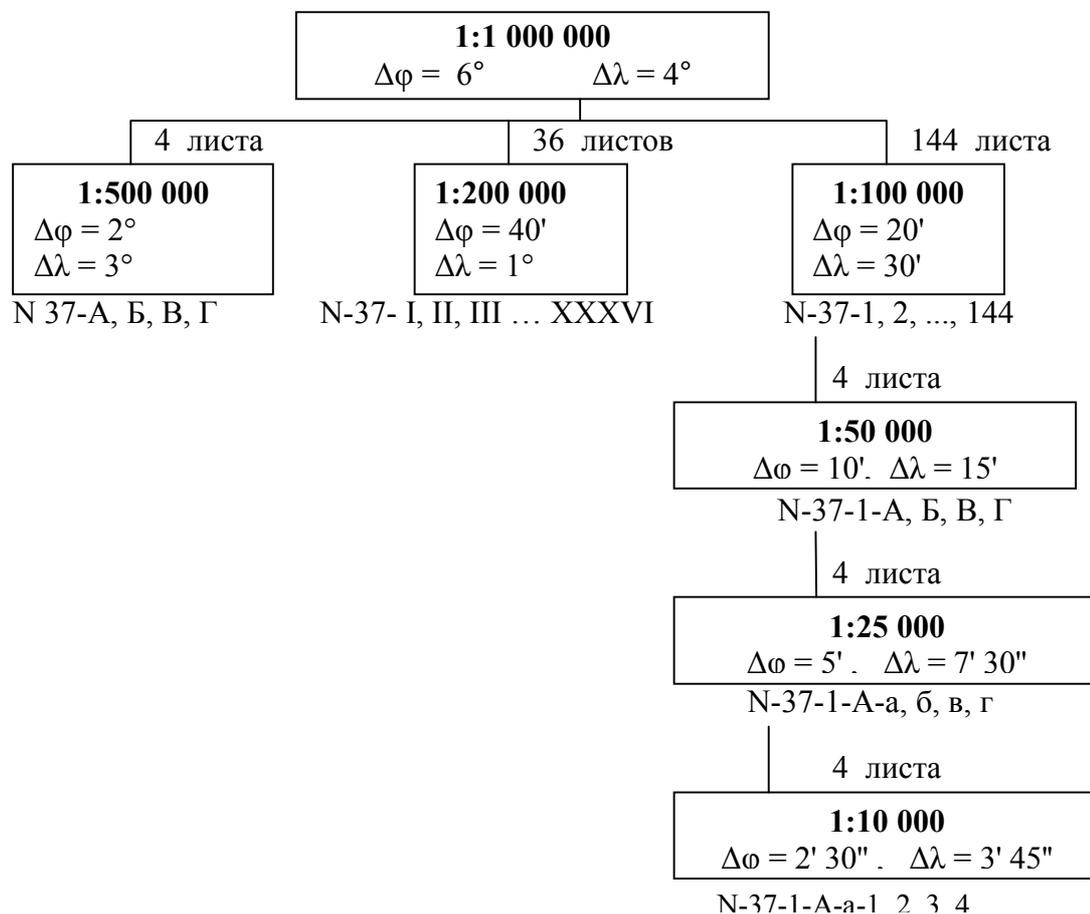


Рис. 3.2. Сводная схема разграфки и номенклатуры топографических карт

Листы карт, на которых изображаются трапеции, расположенные между двумя соседними меридианами образуют колонны. Колонны нумеруются цифрами от 1 до 60, начиная с меридиана 180° (в отличии от нумерации зон в проекции Гаусса, которая начинается с меридиана 0°).

Номенклатура листа карты масштаба 1:1 000 000 складывается из буквы ряда и номера колонны, написанных через дефис, например N-37. Разграфка листов карт последующих более крупных масштабов строится из расчета, чтобы они составляли какое-то целое число в листе карты масштаба 1:1 000 000. Номенклатура таких листов складывается из номенклатуры миллионного листа с добавлением заглавных или строчных букв русского алфавита, римских и арабских цифр.

Разграфка листов крупномасштабных топографических планов производится двумя способами. Для съемки и составления планов на площади

свыше 20 км² за основу разграфки принимается лист карты масштаба 1:100 000. Если охватываемая территория менее 20 км², то за основу принимается лист плана масштаба 1:5 000, листы нумеруются на участке съемки номерами от 1 и далее (рис. 3.3).

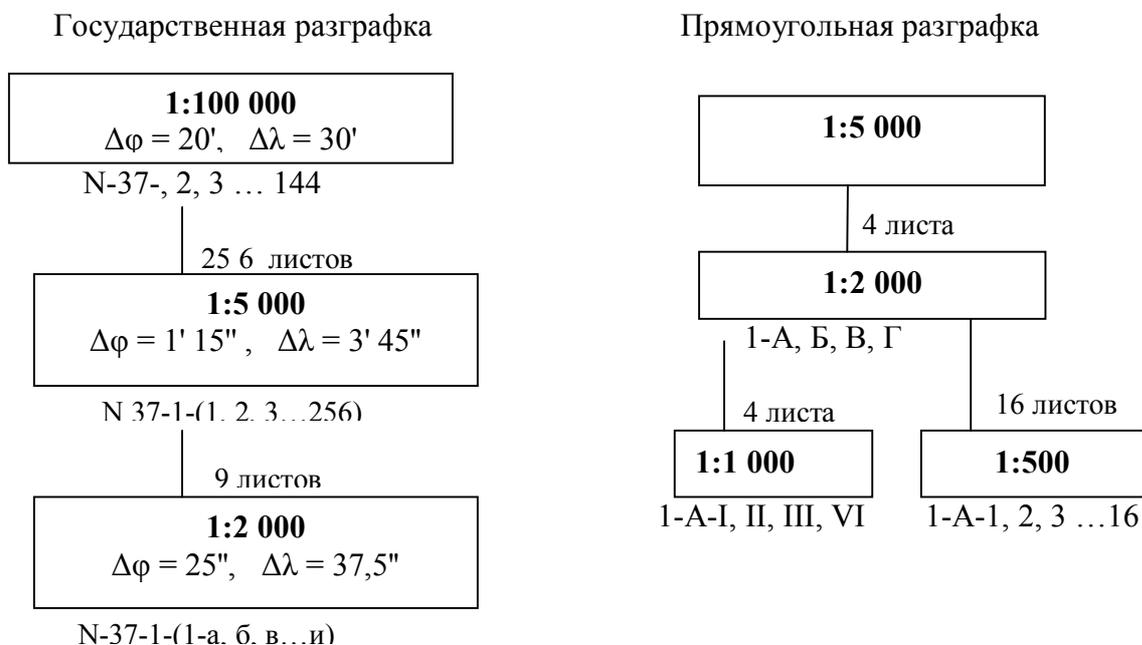


Рис. 3.3. Схема разграфки и номенклатуры крупномасштабных топографических планов

Задания

1. Определить номенклатуру листов карт масштабов 1:1 000 000, 1:100 000, 1:50 000, 1:25 000, на которых находится точка с заданными географическими координатами $\varphi_T = 55^\circ 18'$, $\lambda_T = 36^\circ 09'$. Схема представления расчетов приведена в прил. 2

2. Определить номенклатуру смежных листов карт и составить схему смежных листов карт масштаба 1:25 000 с листом карты с заданными географическими координатами.

Порядок выполнения работы

Задание 1. По значениям координат пункта найдем номенклатуру листа карты масштаба 1:1 000 000, в котором расположена данная точка.

$$\frac{55^\circ 18'}{4^\circ} = 13 + 3^\circ 18' \text{ (в остатке)}$$

Следовательно, наша точка находится в ряду с номером 14, которому соответствует буква N (рис. 3.1). Найдем широту северной и южной параллели ряда:

$$\varphi_{\text{СЕВ}} = 14 \cdot 4^\circ = 56^\circ,$$

$$\varphi_{\text{ЮЖ}} = 56^\circ - 4^\circ = 52^\circ.$$

Найдем номер колонны, для этого разделим значения долготы данной точки $36^\circ 09'$ на 6° , получим:

$$\frac{36^\circ 09'}{6^\circ} = 6 + 0^\circ 09' \text{ (в остатке).}$$

Следовательно, наша точка расположена в 7-й зоне. Найдем долготу восточного и западного меридианов зоны:

$$\lambda_{\text{ВОСТ}} = 7 \cdot 6^\circ = 42^\circ,$$

$$\lambda_{\text{ЗАП}} = 42^\circ - 6^\circ = 36^\circ.$$

Номер колонны определится, как

$$N = n + 30,$$

где n – номер зоны.

$$N = 7 + 30 = 37$$

Таким образом, лист карты масштаба 1:1 000 000, в пределах которого находится заданный пункт, имеет номенклатуру N-37 (рис. 3.4).

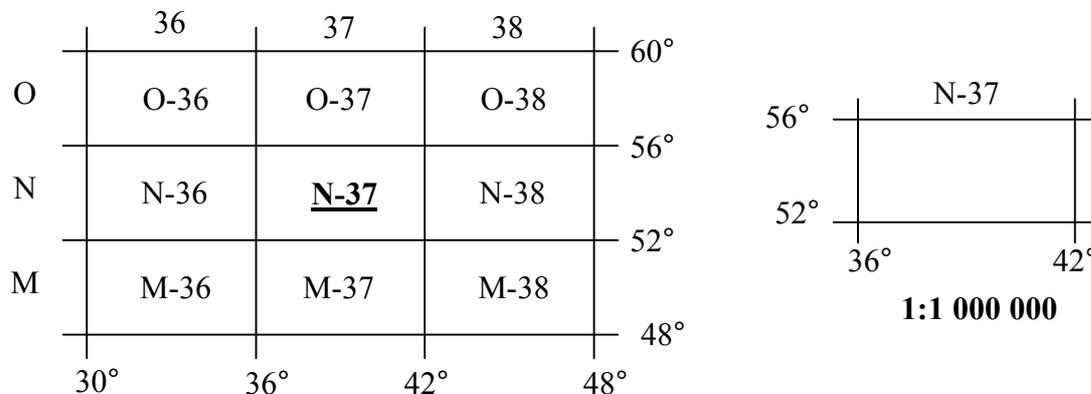


Рис. 3.4. Определения номенклатуры и разграфки листов топографических карт 1:1 000 000

Выполним разграфку листа карты N-37 масштаба 1:1 000 000 на листе карты масштаба 1:100 000. При его делении на 144 части стороны трапеции листов карт масштаба 1:100 000 получают размеры 20' по широте и 30' по долготе.

Определим номер горизонтального ряда в листе карты N-37, в котором находится точка с заданными координатами:

N-37-25 на размеры в минутах по широте для листа карты масштаба 1:100 000:

$$\varphi_{\text{СЕВ}} = 56^\circ - (20' \cdot 2) = 55^\circ 20'.$$

Координаты южной рамки листа карты N-37-25 составят:

$$\varphi_{\text{ЮЖ}} = 55^\circ 20' - 20' = 55^\circ.$$

Определим координаты восточной и западной рамок карты N-37-25. При этом координаты восточной рамки находятся как сумма долготы западной рамки листа N-37 и произведения количества полных вертикальных колонн, включая колонну, в которой находится точка с заданными координатами. Долгота западной рамки карты N-37-25 определяется аналогично широте южной рамки карты N-37-25. Долгота восточной рамки $36^\circ 30'$, западной – 36° .

Выполним разграфку листа карты N-37-25 масштаба 1:100 000 на листе карты масштаба 1:50 000 (рис. 3.6). Делением листа карты масштаба 1:100 000 на 4 части получаем лист карты масштаба 1:50 000, размеры которого составляют $10'$ (минут) по широте и $15'$ (минут) по долготе. Номенклатура листа карты масштаба 1:50 000, где находится точка с известными географическими координатами – N-37-25-A.

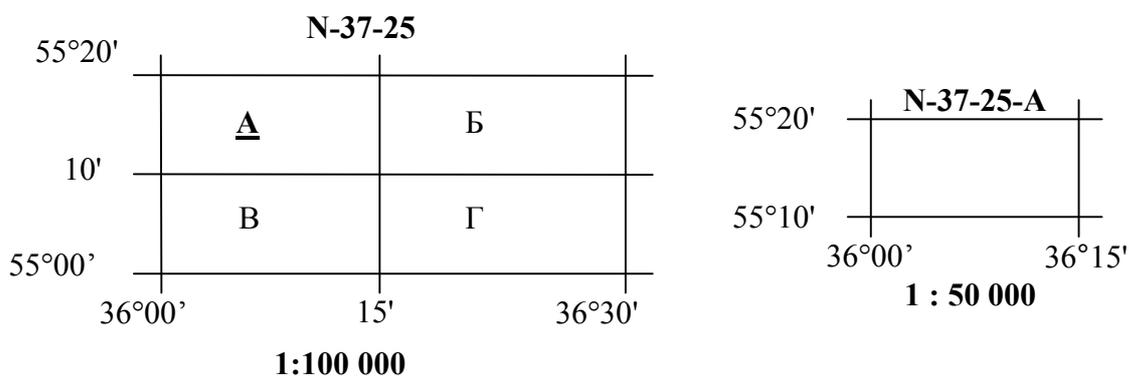


Рис. 3.6. Определение номенклатуры и разграфки листов карт 1:50 000

Разделив лист карты масштаба 1:50 000 на 4 части, получим лист карты масштаба 1:25 000 с размерами рамок $5'$ (минут) по широте и $7,5'$ (минут) по долготе. Номенклатура листа карты масштаба 1:25 000 – N-37-25-A-б.

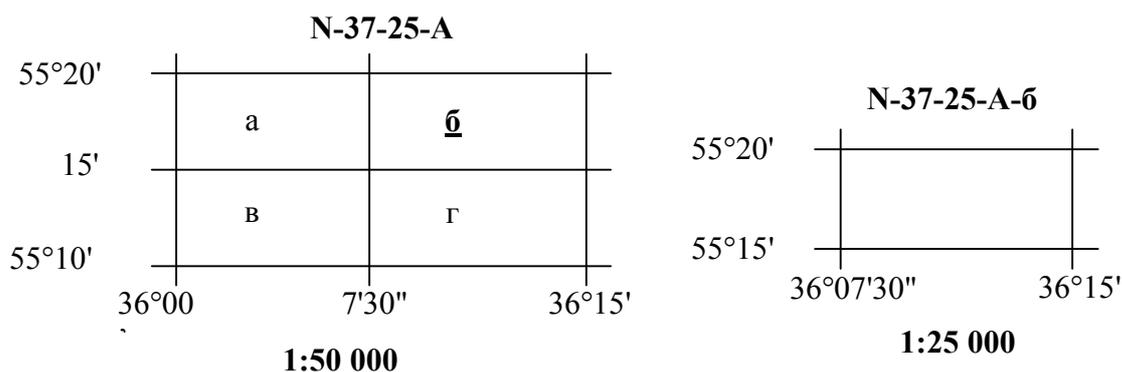


Рис. 3.7. Определение номенклатуры и разграфки листов карт 1:25 000

Задание 2. Следует определить номенклатуру всех прилегающих листов топографических карт к листу карты масштабом 1:25 000 с известными координатами, т.е. номенклатуру 8 смежных листов. Эти листы могут в свою очередь принадлежать не только одному листу карты масштаба 1:100 000, но и находиться на нескольких листах карты масштаба 1:1 000 000.

В соответствии с разграфкой карты масштаба 1:50 000, запишем номенклатуру 3 прилегающих листов карт масштаба 1:25 000, расположенных в пределах листа карты N-37-25-A, а также определим последнюю букву остальных пяти листов масштаба 1:25 000 (рис. 3.8).

				55°25'
	N-37-13-B-в	N-37-13-B-г	N-37-13-Г-в	55°20'
	N-37-25-A-a	<u>N-37-25-A-б</u>	N-37-25-Б-a	55°15'
	N-37-25-A-в	N-37-25-A-г	N-37-25-Б-в	55°10'
36°00'00"	36°07'30"	36°15'00"	36°22'30"	

Рис. 3.8. Схема смежных листов, с листом карты N-37-25-A-б-1

Далее в соответствии с разграфкой листа масштаба 1:100 000 определим прописную букву номенклатуры смежных пяти листов. Аналогично определяются остальные элементы соседних пяти листов (номер листа карты масштаба 1:100 000, номер колонны, буква ряда листа карты масштаба 1:1 000 000).

Контрольные задания для самостоятельной работы

Таблица 3.1

Данные заданий для самостоятельной работы

№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки	
	φ	λ		φ	λ		φ	λ
1	10°41'	11°24'	9	42°47'	49°15'	17	74°34'	97°48'
2	14°23'	17°49'	10	46°51'	55°28'	18	78°39'	103°09'
3	18°12'	23°21'	11	50°12'	61°31'	19	82°42'	109°32'
4	22°26'	29°34'	12	54°19'	67°24'	20	86°48'	115°27'
5	26°28'	25°49'	13	58°21'	73°47'	21	10°37'	121°49'
6	30°30'	31°17'	14	62°28'	79°53'	22	14°17'	127°28'
7	34°21'	37°11'	15	64°30'	85°59'	23	18°35'	133°05'
8	38°56'	43°02'	16	70°25'	91°26'	24	22°52'	139°46'

РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2

Занятие 4. Определение географических и прямоугольных координат точек и ориентирных углов направлений по карте

Цель работы: научиться определять географические и прямоугольные координаты по топографической карте. Определить дирекционный угол и географический азимут направлений по топографической карте.

Общие сведения

Географические координаты заданной точки определяются следующим способом. На листе карты, соединяя одноименные значения интервалов минутной рамки, проводят по выверенной линейке ближайшие к заданной точке линии южной параллели и западного меридиана, после чего определяют их градусную величину. Географические координаты заданной точки определяют по формулам:

$$\varphi = \varphi_{\text{ЮЖ}} + \Delta\varphi,$$

$$\lambda = \lambda_{\text{ЗАП}} + \Delta\lambda,$$

где $\Delta\varphi$ и $\Delta\lambda$ – приращения координат точки до линий с известными значениями географических координат.

Для определения приращений координат, с помощью циркуля-измерителя и масштабной линейки по карте определяют отрезки Δa и Δb , а по минутной рамке определяют расстояния a и b , соответствующие определенным интервалам минут или секунд по широте и долготе. Приращения координат определяют по формулам:

$$\Delta\varphi = \frac{\Delta a \cdot 60''}{a},$$

$$\Delta\lambda = \frac{\Delta b \cdot 60''}{b},$$

где a – размер минуты по широте, мм;

b – размер минуты по долготе, мм.

Например, для точки 1 (рис. 4.1) широта ближайшей южной параллели $\varphi_{\text{ЮЖ}}=54^{\circ}41'$, долгота западного меридиана $\lambda_{\text{ЗАП}}=18^{\circ}02'$.

Для контроля определения координат на карте проводят ближайшие к заданной точке линии северной параллели и восточного меридиана. После аналогичных измерений географические координаты вычисляют по формулам:

$$\varphi = \varphi_{\text{СЕВ}} - \Delta\varphi,$$

$$\lambda = \lambda_{\text{ВОСТ}} - \Delta\lambda.$$

Расхождение между двумя определениями не должно превышать 0,1".

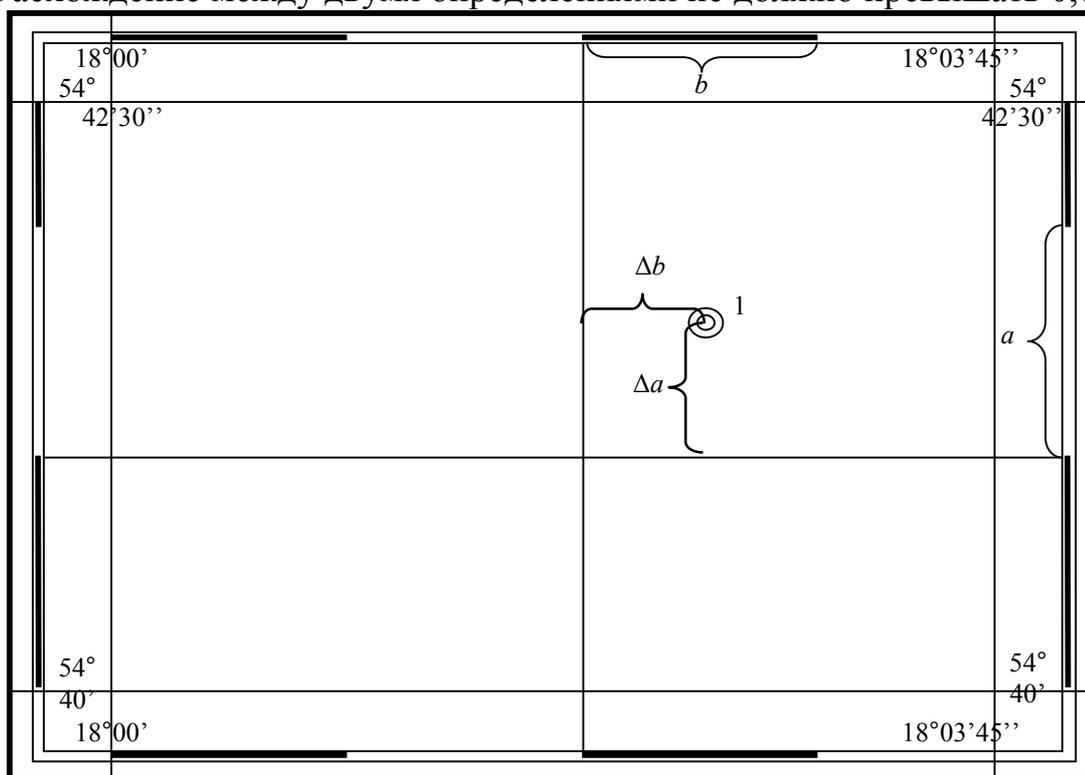


Рис. 4.1. Определение географических координат по топографической карте

Прямоугольные координаты точек определяют на основе линий координатной сетки (рис. 4.2). Первоначально координаты юго-западного угла, в котором находится заданная точка, выражая их значения в метрах. Из заданной точки опускают перпендикуляры на южную и западную стороны квадрата и измеряют их длину в масштабе карты или плана, получая таким образом значения приращений координат Δx и Δy . Прямоугольные координаты вычисляют по формулам:

$$X = X_{\text{ЮЖ}} + \Delta x,$$

$$Y = Y_{\text{ЗАП}} + \Delta y.$$

Например, для точки 2: $X_{ЮЖ}=6\ 067\ 000$ и $Y_{ЗАП}=4\ 311\ 000$ м. Контроль осуществляют путем аналогичного измерения приращений от данной точки до северной и восточной сторон квадрата по формулам:

$$X = X_{СЕВ} - \Delta x,$$

$$Y = Y_{ВОСТ} - \Delta y.$$

Если расхождение не превышает величины $3M \cdot 10^{-4}$, то за окончательный результат принимают среднее арифметическое значение.

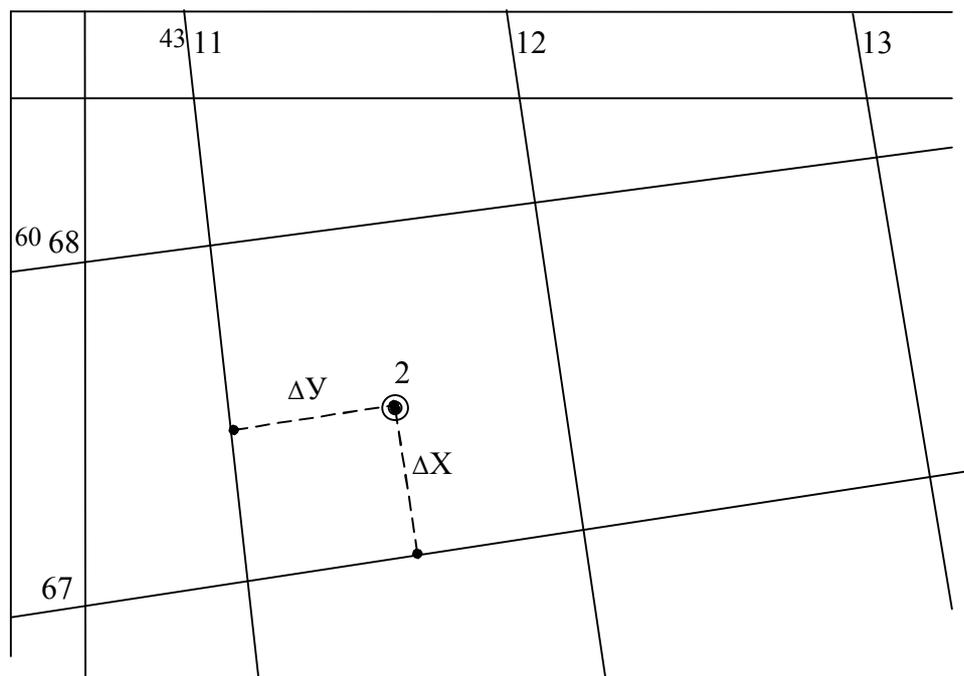


Рис. 4.2. Определение прямоугольных координат по топографической карте

Дирекционный угол измеряют по ходу часовой стрелки от северного направления линии, параллельной оси абсцисс, до направления заданной линии (рис. 4.3). Для измерения дирекционного угла заданное направление продолжают до пересечения с одной из линий координатной сетки, расположенной слева от начальной точки, когда дирекционный угол меньше 180° , или справа, когда он больше.

Географический азимут измеряют по ходу часовой стрелки от северного направления географического меридиана, проходящего через начальную точку заданной линии (см. рис. 4.3). Величину азимута определяют так же, как при измерении дирекционных углов.

Задание

Определить географические и прямоугольные координаты вершин полигона по учебной карте. Определить дирекционные углы и географические азимуты сторон полигона, вычислить их магнитные азимуты.

Порядок выполнения работы

В соответствии с полученным заданием, по учебной карте определить географические и прямоугольные координаты вершин полигона. Измерить транспортиром дирекционные углы и географические азимуты сторон полигона, вычислить их магнитные азимуты (прил. 3).

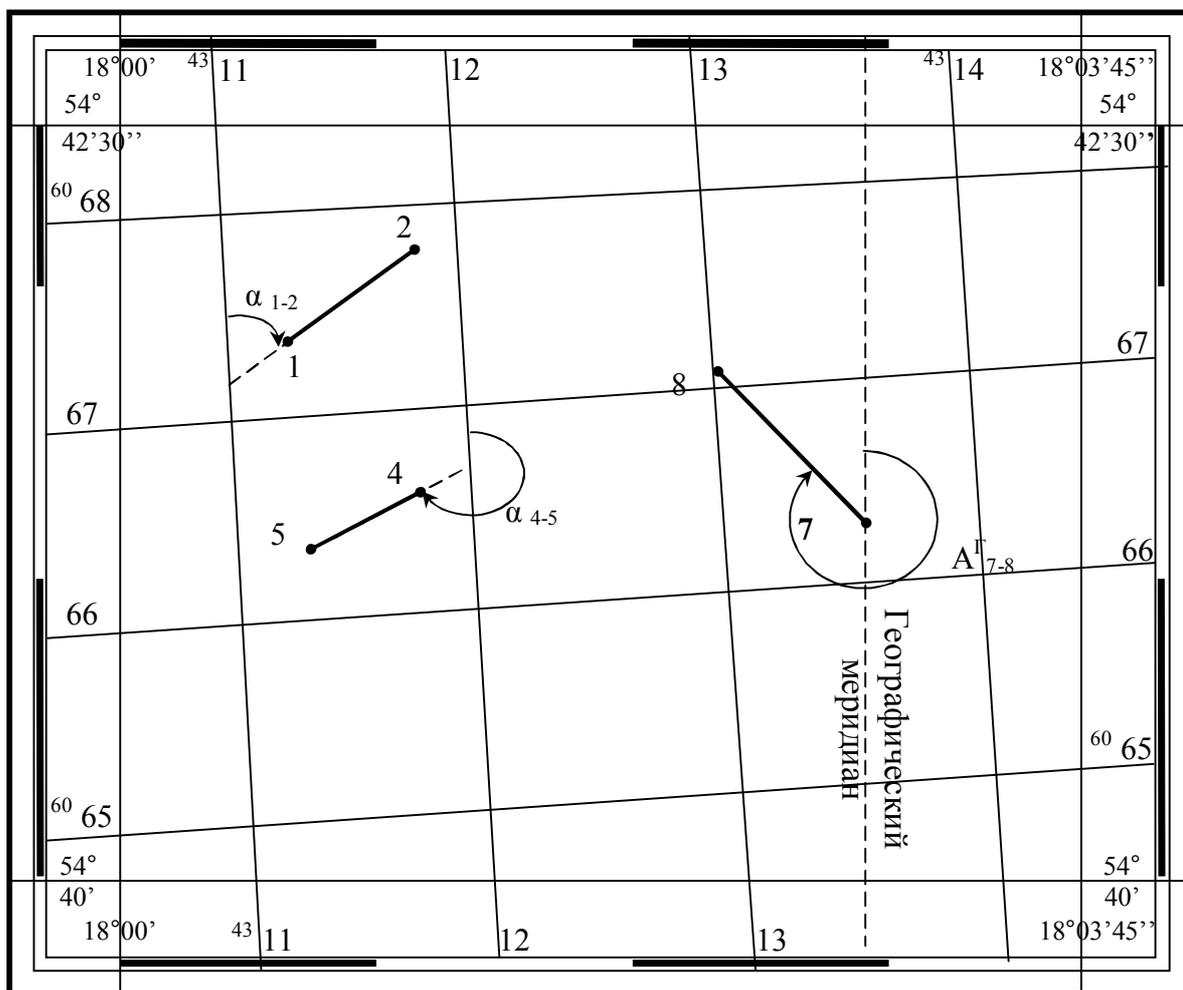


Рис. 4.3. Измерение дирекционных углов и географических азимутов линий по топографической карте

Занятие 5. Прямая и обратная геодезические задачи

Цель работы: научиться решать прямую и обратную геодезические задачи на плоскости.

Общие сведения

Прямая геодезическая задача состоит в том, чтобы определить координаты конечной точки X_2, Y_2 по известным координатам начальной точки X_1, Y_1 , горизонтальному проложению s_{1-2} и дирекционному углу α_{1-2} .

Рассмотрим наиболее простой случай, когда горизонтальное проложение АВ находится в I четверти и имеет северо-восточное направление и румб линии равен значению дирекционного угла (рис. 5.1).

$$x_2 = x_1 + (x_2 - x_1)$$

$$y_2 = y_1 + (y_2 - y_1)$$

Приращение координат линии – ортогональная проекция горизонтального проложения этой линии на оси ординат, их обозначают Δx и Δy :

$$\Delta x = x_2 - x_1,$$

$$\Delta y = y_2 - y_1,$$

тогда

$$x_2 = x_1 + \Delta x,$$

$$y_2 = y_1 + \Delta y.$$

Приращения координат могут быть вычислены по дирекционному углу линии и ее горизонтальному проложению, являющемуся гипотенузой прямоугольного треугольника, в котором катеты – приращения координат и вычисляются по формулам:

$$\Delta x = s_{1-2} \cdot \cos \alpha_{1-2},$$

$$\Delta y = s_{1-2} \cdot \sin \alpha_{1-2}.$$

Приращения координат имеют знаки плюс или минус, в зависимости от знака косинуса или синуса дирекционного угла. При переходе от дирекционных углов к румбам:

$$\Delta x = s_{1-2} \cdot \cos r,$$

$$\Delta y = s_{1-2} \cdot \sin r.$$

В связи с тем, что значения тригонометрических функций всегда положительны, $\cos r$ и $\sin r$, т.к. $r \leq 90^\circ$, знаки приращений координат определяют в соответствии с названиями румбов.

Обратная геодезическая задача состоит в том, чтобы вычислить горизонтальное проложение s_{1-2} и дирекционный угол α_{1-2} по известным координатам начальной (X_1, Y_1) и конечной (X_2, Y_2) точек.

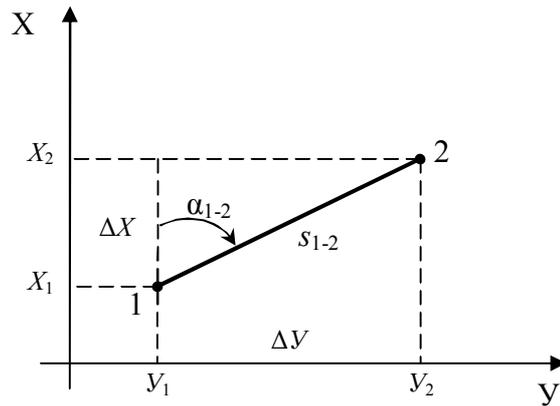


Рис. 5.1. Схема решения прямой и обратной геодезических задач на плоскости

По катетам прямоугольного треугольника, т.е. приращениям координат, можно вычислить дирекционный угол:

$$\operatorname{tg}\alpha_{1-2} = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1},$$

тогда,

$$\alpha = \operatorname{arctg} \frac{\Delta y}{\Delta x}.$$

Горизонтальное проложение s_{1-2} вычисляют по формулам:

$$s_{1-2} = \frac{\Delta x}{\cos \alpha_{1-2}} = \frac{x_2 - x_1}{\cos \alpha_{1-2}},$$

$$s_{1-2} = \frac{\Delta y}{\sin \alpha_{1-2}} = \frac{y_2 - y_1}{\sin \alpha_{1-2}}.$$

Эту же задачу можно решить другим способом:

$$s_{1-2} = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}.$$

Искомый дирекционный угол α_{1-2} вычисляется по формулам:

$$\alpha = \arccos \frac{\Delta x}{s_{1-2}} = \arcsin \frac{\Delta y}{s_{1-2}}.$$

Задания

1. Определить прямоугольные координаты точки В, если координаты точки А: $x_A=6\ 163\ 173,43$, $y_A=9\ 492\ 631,12$, $\alpha_{AB}=318^\circ 47'$, $s_{AB}=673,56$ м.

2. Вычислить дирекционный угол α_{CD} и горизонтальное проложение s_{CD} , если прямоугольные координаты точек С и D составляют $x_C=6\ 319\ 281,1$, $y_C=9\ 540\ 014,2$; $x_D=6\ 323\ 061,6$, $y_D=9\ 542\ 229,7$ м.

Порядок выполнения работы

Задание 1. При решении прямой геодезической задачи значения приращений координат можно вычислить при помощи таблиц натуральных значений тригонометрических функций.

При решении прямой геодезической задачи с использованием таблиц натуральных значений тригонометрических функций сначала записывают исходные данные α_{AB} (п/п 1), s_{AB} (п/п 2), x_A (п/п 3), y_A (п/п 4) (табл. 5.2). Затем из таблиц натуральных значений тригонометрических функций находят значение $\cos \alpha_{AB}$ и $\sin \alpha_{AB}$. Далее вычисляют Δx_{AB} и Δy_{AB} , отрицательный знак зависит от $\sin 318^\circ 47'$ (IV четверть). Далее, прибавляя к координатам точки А приращения координат, вычисляют координаты точки В.

Рабочие формулы:

$$\Delta x_{AB} = s_{AB} \cos \alpha_{AB},$$

$$\Delta y_{AB} = s_{AB} \sin \alpha_{AB},$$

$$x_B = x_A + \Delta x_{AB},$$

$$y_B = y_A + \Delta y_{AB}.$$

Таблица 5.2

Решение прямой геодезической задачи

Значение дирекционного угла и длина линии			ΔX_{AB}			ΔY_{AB}		
п/п	Обозначения	Вычисления	п/п	Обозначения	Вычисления	п/п	Обозначения	Вычисления
1	α_{AB}	$318^\circ 47'$	5	$\cos \alpha_{AB}$	+0,75 237	6	$\sin \alpha_{AB}$	-0,65 873
2	s_{AB}	673,56 м	7	Δx_{AB}	+506,77	8	Δy_{AB}	-443,69 м
			3	x_A	63 173,43 м	4	y_A	92 631,12 м
			9	x_B	63 680,20 м	10	y_B	92 187,43 м

Для контроля вычисленных приращений пользуются формулой:

$$\frac{\Delta y}{\Delta x} = \operatorname{tg} \alpha.$$

Допустимые отклонения составляют 0,01-0,02 м.

2. При решении обратной геодезической задачи при помощи таблиц натуральных значений тригонометрических функций сначала выписывают координаты исходных пунктов (табл. 5.3).

Рабочие формулы:

$$\operatorname{tg} \alpha_{CD} = \frac{y_D - y_C}{x_D - x_C}$$

$$s_{CD} = \frac{y_D - y_C}{\sin \alpha_{CD}} = \frac{x_D - x_C}{\cos \alpha_{CD}}$$

Таблица 5.3

Решение обратной геодезической задачи

п/п	Обозначения	Вычисления	п/п	Обозначения	Вычисления	п/п	Обозначения	Вычисления
4	y_D	9 542 229,7	3	x_D	6 323 061,6	7	$\operatorname{tg} \alpha_{CD}$	+0,58 728
2	y_C	40 014,2	1	x_C	19 289,1	8	r_{CD}	СВ: 30°25'29"
5	$y_D - y_C$	+2 215,5	6	$x_D - x_C$	+3 772,5	9	α_{CD}	30°25'29"
10	$\sin \alpha_{CD}$	0,50 640	11	$\cos \alpha_{CD}$	0,86 229	—	—	—
12	s_{CD}	4 374,95	13	s_{CD}	4 374,94	14	$s_{CD} \text{ ср}$	4 374,94

Затем вычисляют разности координат и определяют значение $\operatorname{tg} \alpha$. Пользуясь таблицами натуральных значений тригонометрических функций и учитывая знаки приращений координат, по величине $\operatorname{tg} \alpha$ вначале определяют румб искомого направления, а затем и дирекционный угол.

Далее, определив значения $\sin \alpha$ и $\cos \alpha$ дважды вычисляют значения искомой стороны, как частное от деления (п/п 5 и п/п 10) и (п/п 6 и п/п 11). Расхождение должно быть не более одной единицы пятого знака. Среднее значение из двух делений принимается за окончательное.

Контрольные задания для самостоятельной работы

Таблица 5.4

Данные задания для самостоятельной работы

№ варианта	Прямая геодезическая задача				Обратная геодезическая задача			
	Координаты исходного пункта		Дирекционный угол α_{1-2}	Горизонтальное проложение s_{1-2} , м	Координаты исходных пунктов			
	1				3		4	
	X	Y			X	Y	X	Y
1	6 134 629,3	9 416 014,3	266°24'	528,46	6 131 975,2	9 415 881,6	6 132 215,2	9 413 215,1
2	6 233 952,4	9 573 914,8	293°02'	386,79	6 133 952,4	9 413 914,8	6 134 629,3	9 416 014,3
3	6 163 952,5	9 163 914,8	283°01'	967,57	6 233 517,2	9 575 025,7	6 233 952,4	9 573 914,8
4	6 131 421,3	9 514 701,6	227°30'	794,65	6 133 517,2	9 485 025,7	6 131 421,3	9 484 701,6
5	6 131	9 415	38°57'	697,62	6 161	9 514	6 163	9 163

	975,2	881,6			421,3	701,6	952,5	914,8
6	6 133 952,4	9 413 914,8	111°14'	625,87	6 133 415,9	9 517 608,2	6 131 421,3	9 514 701,6
7	6 134 629,3	9 416 014,3	192°47'	628,76	6 131 975,2	9 415 881,6	6 132 215,2	9 413 215,1
8	6 233 952,4	9 573 914,8	81°42'	475,46	6 133 952,4	9 413 914,8	6 134 629,3	9 416 014,3
9	6 163 952,5	9 163 914,8	266°24'	528,46	6 233 517,2	9 575 025,7	6 233 952,4	9 573 914,8
10	6 131 421,3	9 514 701,6	293°02'	386,79	6 133 517,2	9 485 025,7	6 131 421,3	9 484 701,6
11	6 131 975,2	9 415 881,6	283°01'	967,57	6 161 421,3	9 514 701,6	6 163 952,5	9 163 914,8
12	6 133 952,4	9 413 914,8	227°30'	794,65	6 133 415,9	9 517 608,2	6 131 421,3	9 514 701,6

Занятие 6. Основные формы рельефа. Задачи, решаемые на топографических картах и планах

Цель работы: научиться определять отметки точек по топографической карте, вычислять превышения, уклоны. Строить продольный профиль.

Общие сведения

Рельеф местности – совокупность различных по форме неровностей (понижений и повышений) на физической поверхности Земли. В зависимости от абсолютного значения высот местности различают равнинную, холмистую и горную местности.

Горная местность представляет собой систему прямолинейных или дугообразных горных цепей высотой 500 м и выше над уровнем моря.

Холмистая местность представляет собой резко выраженное чередование возвышенностей и понижений с разностью высот до 200 м.

Равнинная местность представляет собой горизонтальную или с небольшим наклоном плоскую поверхность Земли, имеет слабовыраженные формы рельефа.

Основные формы рельефа: гора, котловина, лощина, хребет, седловина.

Гора – это возвышенность конусообразной формы, наивысшая точка которой называется вершиной. Вершина в виде площадки – плато, вершина остроконечной формы – пик. Боковая поверхность состоит из скатов, линия их слияний с окружающей местностью – подошва, или основание горы. Ее разновидности: курган, холм, бугор, сопка и т.д. (рис. 6.1).

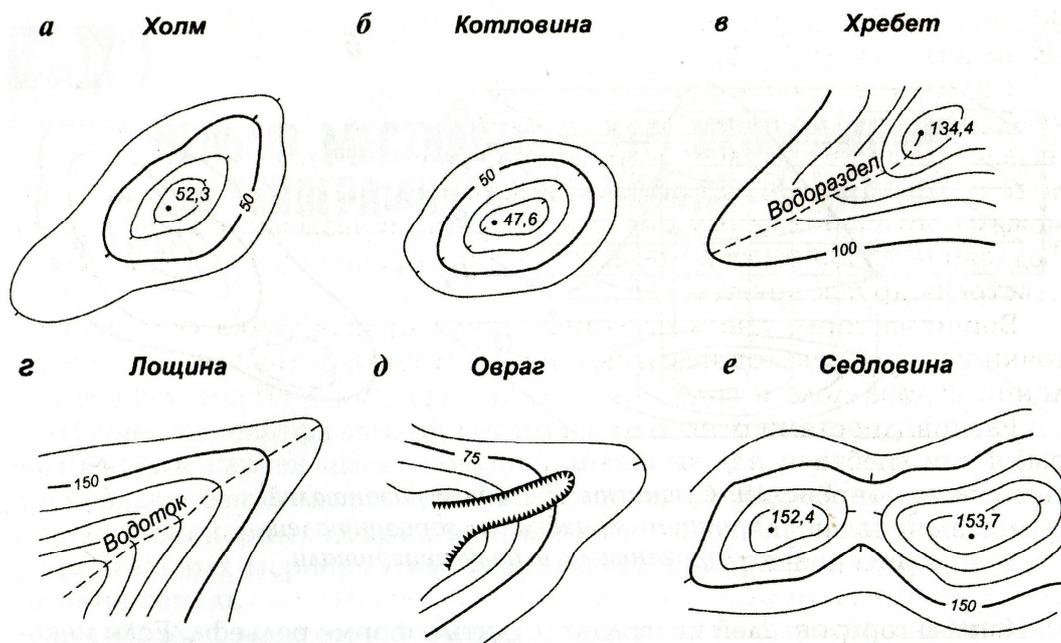


Рис. 6.1. Основные формы рельефа (по Покладу, Гридневу, 2007):

a – холм; *б* – котловина; *в* – хребет; *г* – лощина; *д* – овраг; *е* – седловина

Котловина – углубление в виде чаши. Самая низкая точка котловины – дно. Боковая поверхность состоит из скатов, линия слияния их с окружающей местностью – бровка.

Хребет – возвышенность, постепенно понижающаяся в одном направлении и имеющая два крутых ската, называемых склонами. Ось хребта между двумя склонами называется водораздельной линией или водоразделом. Если склоны хребта пересекаются под острым углом, то такой водораздел называют гребнем.

Лощина – вытянутое углубление местности, постепенно понижающееся в одном направлении. Ось лощины между двумя скатами называется водосливной линией или тальвегом. Разновидности лощины: долина – широкая лощина с пологими склонами; овраг – узкая лощина с почти отвесными склонами; промоина – узкое углубление с крутыми, обнаженными склонами, образующимися под действием воды; балка – заросший овраг.

Терраса (уступ) – ровная, почти горизонтальная площадка на скате хребта или горы.

Седловина – пониженная часть водораздела, расположенная между двумя смежными вершинами и между двумя лощинами, расходящимися в противоположные стороны.

Характерные точки рельефа – вершина горы, дно котловины, самая низкая точка седловины.

Характерные линии рельефа – водораздел и тальвег.

Горизонталь – кривая линия на плане, все точки которой имеют равные отметки на местности. Основные свойства горизонталей: 1) все точки местности, лежащие на одной горизонтали, имеют равные отметки; 2) го-

горизонталю не могут пересекаться на плане, т.к. лежат на разных высотах (исключение – горные районы, когда изображают нависший утес; 3) горизонталю являются непрерывными замкнутыми линиями.

Высота сечения рельефа – расстояние между горизонталю по высоте.

Заложение – расстояние между горизонталю на плане или карте.

Определение отметок местности по горизонталю

Высота точки на местности – расстояние по отвесной линии от уровня поверхности Земли, принятой за начало, до данной точки, обозначается H .

Отметка точки – численное значение высоты точки.

Превышение – разность высот последующей и предыдущей точек, вычисляется по формуле:

$$\Delta H = h = H_2 - H_1,$$

где h , ΔH – превышение между точками, м;

H_1 , H_2 – отметки высот точек, м.

$$H_K = H_m + h_1,$$

где h_1 – превышение точки K над точкой m .

Высота сечения рельефа составит (рис. 6.2), м:

$$h = H_n - H_m = 70 - 60 = 10.$$

Т. о.,

$$\frac{h_1}{h} = \frac{Km}{mn},$$

откуда

$$h_1 = h \frac{Km}{mn}.$$

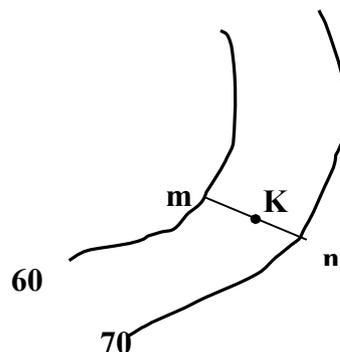


Рис. 6.2. Определение отметок точек

Если искомая точка расположена на горизонталю, то ее высота равна высоте этой горизонталю. Если точка K лежит между горизонталю, то, чтобы узнать ее высоту, через нее проводят отрезок mn , по возможности перпендикулярный к двум соседним горизонталю. Измеряют отрезки Km и mn . Отрезку mn на плане соответствует высота сечения рельефа.

Определение уклона

Угол наклона – вертикальный угол ν , образованный линией на местности и горизонтальной плоскостью.

Уклон – тангенс угла наклона линии на местности к горизонту. Выражается промилле (франц) – тысячная доля числа (рис. 6.3).

$$\operatorname{tg} v_{AB} = \frac{h_{AB}}{s_{AB}} = \frac{H_B - H_A}{s_{AB}},$$

где h_{AB} – высота сечения рельефа, м;

s_{AB} – заложение, м.

$$i_{AB} = \operatorname{tg} v_{AB}$$

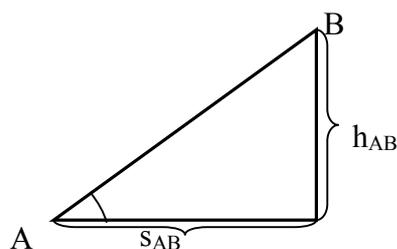


Рис. 6.3. Определение уклона линии

Проведение на плане линии заданного уклона

Требуется через точки М и N провести кратчайшую линию так, чтобы уклоны отдельных ее участков не превышали заданного уклона i_0 . (рис. 6.4). Заложение линии заданного уклона вычисляют по формуле:

$$d_0 = \frac{h}{i_{np}},$$

где d_0 – заложение линии заданного уклона;

i_0 – проектный уклон.

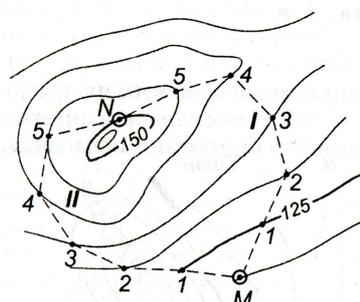


Рис. 6.4. Проведение линии заданного уклона

Далее, взяв по вычисленному заложению раствор циркуля, последовательно делают засечки на смежных горизонталях.

Построение профиля местности по заданной линии

Профиль – уменьшенное изображение вертикального разреза участка земной поверхности. Построение продольного профиля АВ на миллиметровой бумаге выполняется в следующем порядке:

- на плане прочерчивают линию АВ, в обе стороны от нее откладывают расстояние по 1 см и отграничивают участок прямоугольной формы (рис. 6.5);

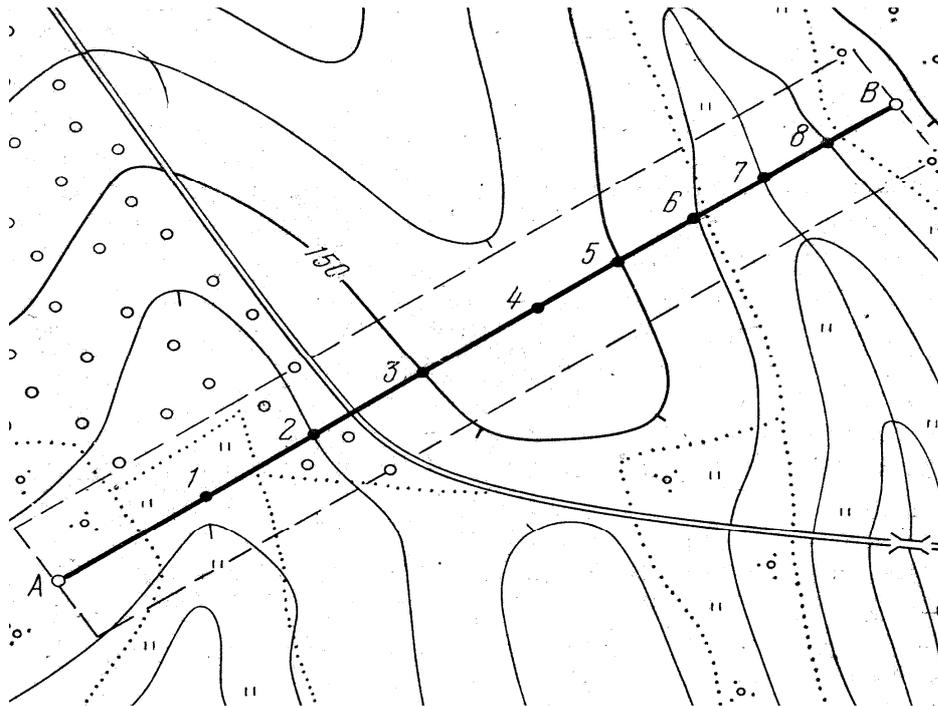


Рис. 6.5. План местности на линии построения продольного профиля
(по Неумывакину, 1985)

- в нижней половине миллиметровой бумаги строят разграфку профиля по длине заданной линии АВ, слева от каждой графы подписывают ее название (рис. 6.6);
- с помощью измерителя наносят контуры ситуации с карты или плана в графу «План местности» и вычерчивают нанесенные объекты соответствующими условными знаками;
- на плане отмечают точки пересечения профильной линии с горизонталями и характерные точки перегибов местности, нумеруют их по порядку;
- на профиле указывают вертикальный и горизонтальный масштабы его построения. В горизонтальном масштабе откладывают раствором измерителя расстояния между отмеченными точками (графа «Расстояния»), в вертикальном – отметки точек на перпендикулярах. Вертикальный масштаб, как правило, в 10 раз крупнее горизонтального;
- раствором измерителя переносят расстояния между отмеченными точками в графу «Расстояния», одновременно по масштабной линейке определяют значения этих расстояний и записывают в соответствующие интервалы данной графы;
- по подписям горизонталей определяют отметки высот точек их пересечения с профильной линией, отметки высот характерных точек определяют интерполированием с округлением до 0,1 м, полученные значения записывают в графу «отметки высот»;
- для верхней линии разграфки, принятой за условную уровенную поверхность, выбирают условное значение высоты с таким расчетом, чтобы

чертеж был компактным. На перпендикулярах к верхней линии разграфки откладывают значения высот, уменьшенные на величину высоты условной уровенной поверхности. Концы отрезков соединяют прямыми линиями и получают профиль местности участка АВ.

Вычисляют уклоны между точками профиля и выписывают их значения в тысячных долях единицы (например, 6 или 0,006). Направления уклонов показывают условными линиями, которые проводят в соответствующих интервалах от верхнего угла к нижнему (при отрицательном уклоне) и от нижнего к верхнему (при положительном уклоне).

Масштабы:
горизонтальный 1:1 000
вертикальный 1:100

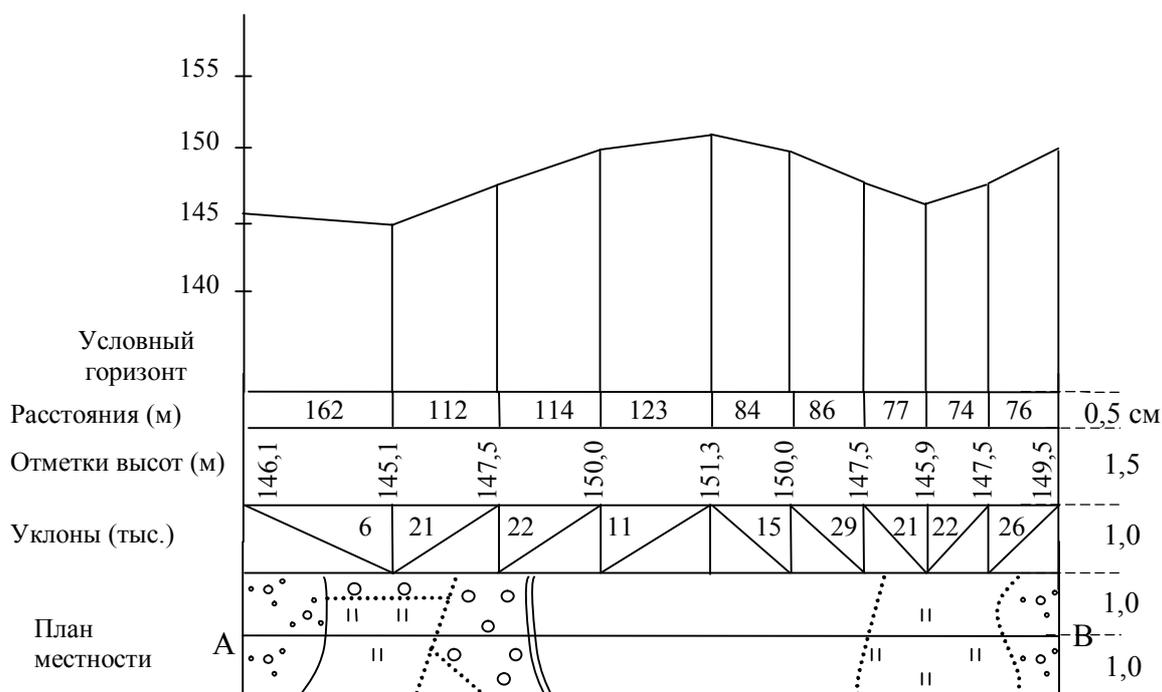


Рис. 6.6. Продольный профиль по линии АВ

Масштаб уклонов представляет собой номограмму для определения уклонов по карте или плану, строится следующим образом. Определяется горизонтальное проложение для различных значений i (например, 0,02; 0,04; 0,06 и т.д.) по формуле:

$$s = \frac{h}{i}.$$

Затем откладывают их на соответствующих перпендикулярах к прямой линии, через равные произвольные промежутки. Концы перпендикуляров соединяют плавной кривой (рис. 6.7).

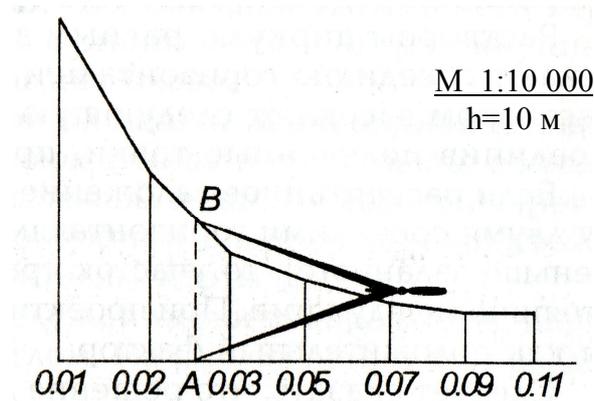


Рис. 6.7. Масштаб уклонов

Масштаб заложений – представляет собой номограмму для определения углов наклона по карте или плану, строится следующим образом. Определяется горизонтальное проложение для различных углов наклона (например, 1, 2, 3° и т.д.) по формуле (рис. 6.8): $s = h \operatorname{ctgv}$.

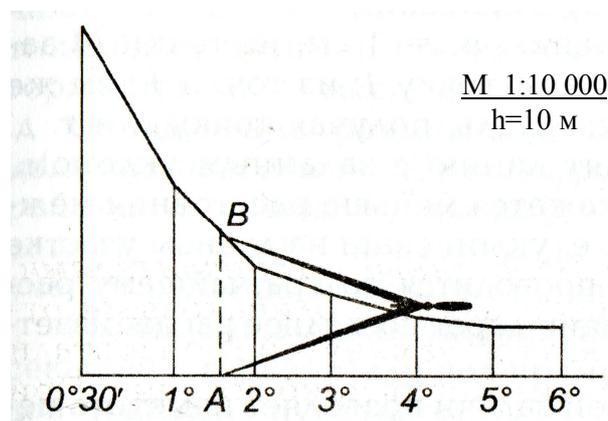


Рис. 6.8. Масштаб заложений

Затем откладывают их на соответствующих перпендикулярах к прямой линии через равные произвольные промежутки. Концы перпендикуляров соединяют прямыми линиями.

Задания

1. По топографической карте определить отметки точек, вычислить уклоны линий, определить их превышения.
2. Построить продольный профиль по топографической карте.

Порядок выполнения работы

Задание 1. По топографической карте, полученной в работе № 4, определить высоты всех вершин полигона, вычислить значения уклонов по сторонам полигона.

Задание 2. На миллиметровой бумаге построить продольный профиль по линии, указанной на топографической карте, полученной в работе № 4.

Занятие 7. Определение площади участка

Цель работы: научиться вычислять площади земель по карте различными способами.

Общие сведения

Аналитический способ – площади определяются по результатам измерений линий и углов на местности или по координатам точек полигона с применением формул геометрии, тригонометрии и аналитической геометрии.

Общая формула для нахождения площади любого n -угольника имеет вид:

$$2P = \sum_{i=1}^n (x_i + x_{i+1})(y_{i+1} - y_i).$$

Из этой формулы получают большое число других формул, выражающих площадь полигона через приращения координат и координаты вершин, например:

$$2P = \sum_{i=1}^n x_i y_{i+1} - \sum_{i=1}^n x_i y_i + \sum_{i=1}^n x_{i+1} y_{i+1} - \sum_{i=1}^n x_{i+1} y_i,$$

но здесь

$$\sum_{i=1}^n x_i y_i = \sum_{i=1}^n x_{i+1} y_{i+1}.$$

Поскольку обе части равенства представляют сумму произведения абсциссы каждой точки на ординату этой же точки, то получим:

$$2S = \sum_{i=1}^n x_i y_{i+1} - \sum_{i=1}^n x_{i+1} y_i.$$

Теперь произведем замену:

$$\sum_{i=1}^n x_i y_{i+1} = \sum_{i=1}^n x_{i-1} y_i,$$

потому что обе части этого равенства представляют суммы произведений абсциссы каждой точки на ординату последующей точки. Тогда выражение приобретет вид:

$$2P = \sum_{i=1}^n x_{i-1} y_i - \sum_{i=1}^n x_{i+1} y_i = \sum_{i=1}^n y_i (x_{i-1} - x_{i+1}),$$

т.е. удвоенная площадь полигона равна сумме произведений каждой ординаты на разность абсцисс предыдущей и последующей точек.

Аналогично получают выражение:

$$2P = \sum_{i=1}^n x_i (y_{i+1} - y_{i-1}).$$

Контроль вычислений ведется по формулам:

$$\sum_{i=1}^n (y_{i+1} - y_{i-1}) = 0,$$

$$\sum_{i=1}^n (x_{i-1} - x_{i+1}) = 0,$$

$$2P = \sum_{i=1}^n x_i (y_{i+1} - y_{i-1}) = \sum_{i=1}^n y_i (x_{i-1} - x_{i+1}).$$

Приведем другие формулы нахождения площади полигона через приращения координат и координаты вершин без вывода:

$$2P = \sum_{i=1}^n x_i \Delta y_i - \sum_{i=1}^n y_i \Delta x_i,$$

$$2P = \sum_{i=1}^n \Delta y_i x_{i+1} + \sum_{i=1}^n x_i \Delta y_i.$$

Графический способ – площади определяются по результатам измерений линий по карте или плану, когда участок, изображенный на плане (или карте), предварительно разбивается на простейшие геометрические фигуры, треугольники, прямоугольники и трапеции (рис. 7.1). Сумма площадей геометрических фигур дает площадь участка. К геометрическому способу относится также вычисление площади при помощи палеток.

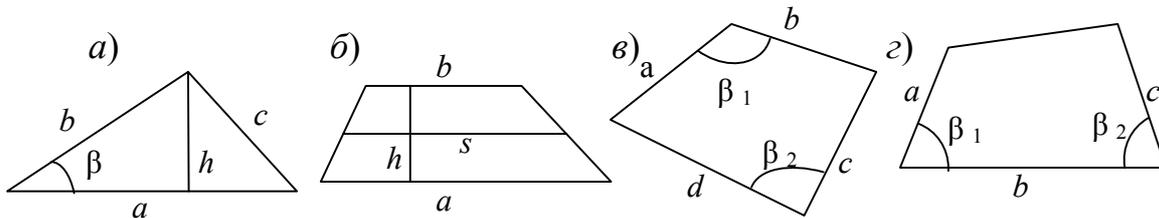


Рис. 7.1. Геометрические фигуры и их элементы

Формулы для вычисления площади треугольника (рис. 7.1а):

$$S = 0,5ah,$$

$$S = 0,5abs \sin \beta,$$

$$S = \sqrt{p(p-a)p(p-b)p(p-c)}.$$

Формулы вычисления площади трапеции (рис. 7.1б):

$$P = 0,5(a+b)h = sh.$$

Формулы вычисления площади четырехугольника (рис. 7.1в, г):

$$P = 0,5(ab \sin \beta_1 + cd \sin \beta_2),$$

$$P = 0,5[ab \sin \beta_1 + bc \sin \beta_2 + ac(\beta_1 + \beta_2 - 180^\circ)].$$

Палетка представляет собой лист стекла, целлулоида, кальки или другого прозрачного материала, разграфленного тонкими линиями на квадраты (квадратная палетка) или параллельные прямые (параллельная палетка).

Квадратная палетка – сеть взаимно перпендикулярных линий, проведенных через 1 или 2 мм. Площадь определяется подсчетом клеток палетки, наложенной на фигуру. Доли клеток, рассекаемых контуром определяются на глаз. Зная площадь одного квадрата, которая зависит от масштаба плана, площадь всей фигуры определяется по формуле:

$$P = a(m + n),$$

где s – площадь одного квадрата, в масштабе плана;

n – число целых квадратов, уложившихся в определяемой площади;

m – число квадратов, определенное из их частей, рассеченных контуром.

Для упрощения подсчетов через 0,5 или 1 см проводят утолщенные линии, чтобы число клеток можно было считать группами. Для контроля площадь данного участка измеряют повторно, развернув палетку на 45° .

Параллельная палетка – ряд параллельных линий, проведенных преимущественно через 2 мм (от 2 до 5 мм). Площадь контура этой палетки вычисляют следующим образом. Накладывают ее на план так, чтобы крайние точки контура участка 1 и 16 находились посередине между линиями палетки (рис. 7.2). В результате, участок расчленяется на отдельные трапеции с высотой h и средними линиями $s_{2-3}, s_{4-5}, \dots, s_{14-15}$, которые измеряют в масштабе плана (основания трапеция изображены пунктиром). Поскольку площадь каждой трапеции равна произведению $s_i h$, то общая площадь участка составит:

$$P = h(s_{2-3} + s_{4-5} + \dots + s_{14-15}) = h \sum_{i=1}^n s_i.$$

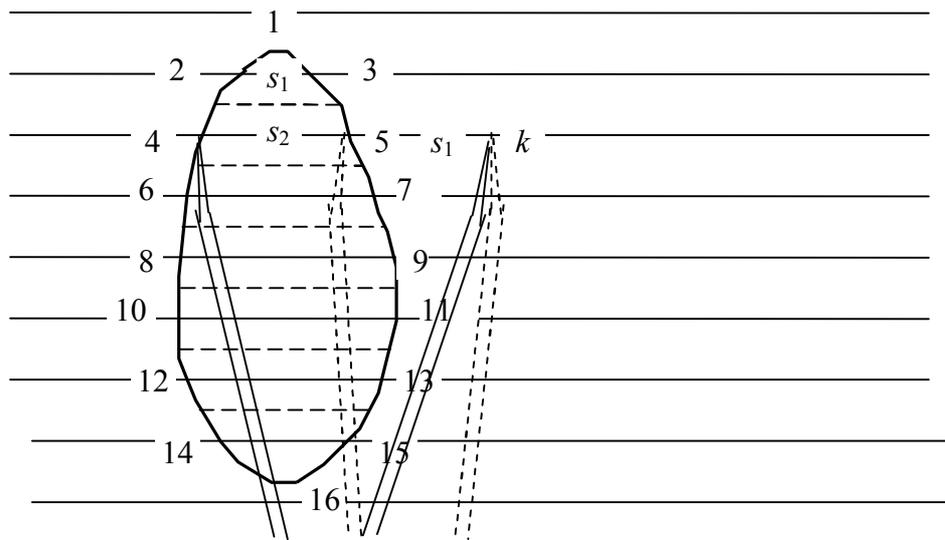


Рис. 7.2. Определение площади контура параллельной палеткой

Сумму расстояний $\sum s_i$ последовательно набирают в раствор измерителя: взяв расстояние s_{2-3} , переносят левую иглу измерителя в точку 5, а правую устанавливают на продолжение линии 4-5 в точке k , после чего увеличивают раствор измерителя перемещением левой иглы в точку 4. Тогда в растворе измерителя 4- k будет набрана сумма средних линий ($s_{2-3} + s_{4-5}$). Дальнейшее измерение продолжают в той же последовательности. Если в процессе набора расстояний раствор измерителя окажется больше размера палетки по ее длине АВ, то сумму средних линий набирают по частям в несколько приемов. Общую длину измеренных средних линий определяют по масштабной линейке и умножают на высоту h , соответствующую числу метров в масштабе плана, затем полученную площадь переводят в гектары.

Для контроля измеряют площадь при втором положении палетки, развернув ее на $60-90^\circ$ относительно первоначального положения. Относительная погрешность определения площади палеткой составляет 1:50 – 1:100. Квадратную палетку рекомендуется использовать при определении полигона площадью до 2 см^2 , параллельную – до 10 см^2 .

Механический способ – площади определяют по плану или карте при помощи специальных приборов – планиметров (рис. 7.3).

Планиметр – механический или электронный прибор, который путем обвода плоской фигуры любой формы определяет ее площадь. Планиметры делят на линейные (у которых, все точки прибора обвода фигуры подвижны) и полярные (у которых одна точка (полюс) во время обвода неподвижна).

Площадь фигуры вычисляют следующим образом. Перед началом обвода индекс 5 устанавливают в исходной точке контура и берут отсчет n_1 по счетному механизму. Удерживая индекс на линии контура, обводят фигуру по ходу часовой стрелки до исходной точки и берут отсчет n_2 . После

обвода полученная разность отсчетов $\Delta n = n_2 - n_1$ показывает длину пути счетного ролика, выраженную в делениях планиметра, или иначе, количество делений τ , соответствующее площади обведенной фигуры.

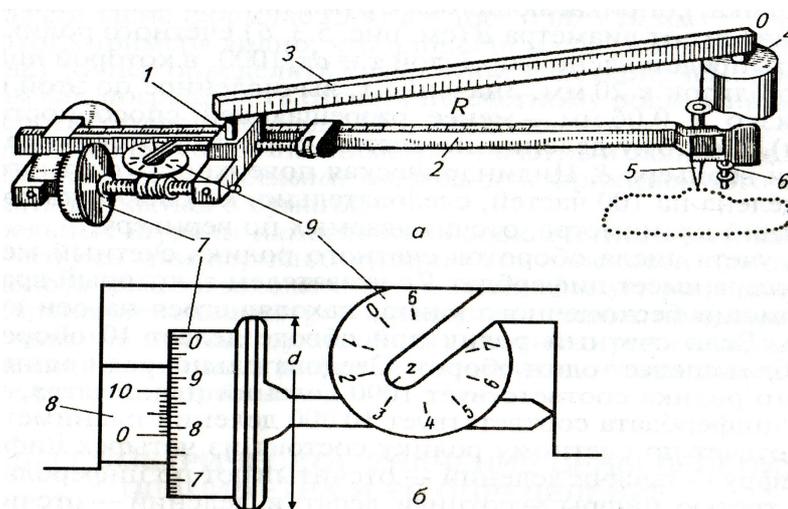


Рис. 7.3. Полярный планиметр (а) и схема его счетного механизма (б)
(по Маслову, 2006):

1 – шарнирное соединение рычагов; 2 – обводной рычаг; 3 – полюсный рычаг;
4 – полюс; 5 – обводной индекс; 6 – опорный винт (штифт); 7 – счетный ролик;
8 – верньер (нониус); 9 – циферблат счетного механизма

Отсчет по счетному механизму состоит из четырех цифр (рис. 22б). Первая цифра показывает количество оборотов, сделанных циферблатом 9, если указатель стоит между двумя цифрами, то читается меньшая цифра. Вторая цифра показывает десятые доли оборота счетного ролика 7 и читается на счетном ролике относительно нуля верньера 8, десятые доли оборота ролика подписаны. Третья цифра показывает сотые доли оборота, которые читаются между штрихом, обозначающим десятые доли оборота и нулем верньера. Четвертая цифра показывает тысячные доли оборота, которые читаются на верньере по штриху, совпадающему с каким-либо штрихом счетного ролика.

Для контроля изменений обводы выполняют не менее двух раз, допустимые расхождения составляют не более 3 делений для площади фигуры до 200 см^2 и 4 делений – для 400 см^2 . Если расхождения допустимы, то из двух результатов получают среднее.

Площадь фигуры, определяемую обводами планиметра с установкой полюса вне фигуры, вычисляют по формуле:

$$P = p\Delta n,$$

где p – цена деления планиметра, т.е. площадь, соответствующая одному делению τ .

$$p = R \tau M^2,$$

где R – длина обводного рычага;

M – знаменатель численного масштаба плана.

Для практического определения цены деления p многократно обводят фигуру с известной площадью при фиксированной установке обводного рычага R . В качестве такой фигуры обычно берут 2-3 квадрата координатной сетки. Чтобы повысить точность измерений, фигуру обводят не менее четырех раз: дважды при положении механизма справа (МП) и дважды при положении механизма слева (МЛ). Результаты измерений заносятся в специальный бланк (прил. 4).

При обводе фигуры должны соблюдаться следующие требования:

1. План укладывают, выпрямляют и закрепляют на ровной поверхности.

2. Полюс планиметра устанавливают с таким расчетом, чтобы при обводе фигуры угол между рычагами θ был не менее 30° и не более 150° , а его отклонения в обе стороны от величины 90° были бы примерно одинаковы.

3. Исходную точку установки обводного индекса выбирают на контуре с таким расчетом, чтобы при движении планиметра в начале и в завершении обвода счетный ролик совсем не вращался или его вращение было бы медленным.

Задания

1. Вычислить площадь полигона по пунктам с известными прямоугольными координатами.

2. Вычислить площадь полигона по топографической карте, полученной в занятии № 4, графическим и механическим способом.

Порядок выполнения работы

Задание 1. Вычислить площадь полигона по пунктам с известными прямоугольными координатами, по результатам вычислений заполнить ведомость (табл. 7.1). Вычисления проводить по исходным пунктам, в соответствии с вариантом задания (табл. 7.2).

Таблица 7.1

Ведомость вычисления площади полигона по его вершинам

№ вершины	Координаты, м					
	x_i	y_i	$y_{i+1} - y_{i-1}$	$x_{i-1} - x_{i+1}$	$x_i (y_{i+1} - y_{i-1})$	$y_i (x_{i-1} - x_{i+1})$

Контрольные задания для самостоятельной работы

Таблица 7.2

Данные для вычисления площади полигона аналитическим способом

№ варианта	Координаты исходных пунктов							
	1		2		3		4	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
1	6 134 629,3	9 416 014,3	6 131 421,3	9 484 701,6	6 131 975,2	9 415 881,6	6 132 215,2	9 413 215,1
2	6 233 952,4	9 573 914,8	6 133 517,2	9 485 025,7	6 133 952,4	9 413 914,8	6 134 629,3	9 416 014,3
3	6 163 952,5	9 163 914,8	6 133 517,2	9 485 025,7	6 233 517,2	9 575 025,7	6 233 952,4	9 573 914,8
4	6 131 421,3	9 514 701,6	6 161 421,3	9 514 701,6	6 133 517,2	9 485 025,7	6 131 258,4	9 484 701,6
5	6 131 975,2	9 415 881,6	6 133 415,9	9 517 608,2	6 161 421,3	9 514 701,6	6 163 952,5	9 163 914,8
6	6 133 952,4	9 413 914,8	6 131 975,2	9 415 881,6	6 133 415,9	9 517 608,2	6 131 421,3	9 514 701,6
7	6 134 629,3	9 416 014,3	6 133 952,4	9 413 914,8	6 131 975,2	9 415 881,6	6 132 215,2	9 413 215,1
8	6 233 952,4	9 573 914,8	6 233 517,2	9 575 025,7	6 133 952,4	9 413 914,8	6 134 629,3	9 416 014,3
9	6 163 952,5	9 163 914,8	6 133 517,2	9 485 025,7	6 233 517,2	9 575 025,7	6 233 952,4	9 573 914,8
10	6 131 421,3	9 514 701,6	6 161 421,3	9 514 701,6	6 133 517,2	9 485 025,7	6 131 421,3	9 484 701,6
11	6 131 975,2	9 415 881,6	6 133 415,9	9 517 608,2	6 161 421,3	9 514 701,6	6 163 952,5	9 163 914,8
12	6 133 952,4	9 413 914,8	6 161 421,3	9 547 521,4	6 133 415,9	9 517 608,2	6 131 421,3	9 514 701,6

Задание 2. Вычислить площадь полигона по топографической карте, полученной в работе № 4, графическим способом, разбив ее на простейшие геометрические фигуры при помощи квадратной и линейной палеток.

Вычислить площадь полигона по топографической карте, полученной в работе № 4, механическим способом (прил. 3).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

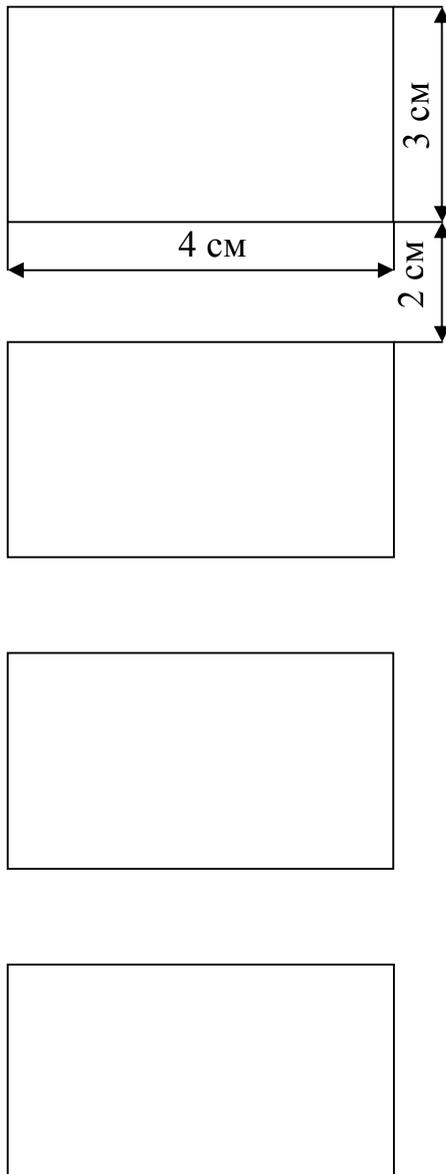
1. Баканова, В.В. Геодезия: учебник для вузов / В.В. Баканова / под общ. ред. Л.М. Комарьковой. – М.: Недра, 1980. – 277 с.
2. Баршай, С.Е. Инженерная геодезия / С.Е. Баршай, В.Ф. Нестеренок, Л.С. Хренов / под общ. ред. Л.С. Хренова. – Минск: Высшая школа, 1976. – 400 с.
3. Дьяков, Б.Н. Геодезия: учеб. пособие для вузов / Б.Н. Дьяков / отв. ред. И.В. Лесных. – 2-е изд., перераб. и доп. – Новосибирск: СГГА, 1997. – 173 с.
4. Измайлов, П.И. Практикум по геодезии / П.И. Измайлов / под общ. ред. И.М. Блудовой. – М.: Недра, 1970. – 376 с.
5. Маслов, А.В. Геодезия / А.В. Маслов, А.В. Гордеев, Ю.Г. Батраков / под общ. ред. В.А. Чураковой. – 6-е изд. перераб. и доп. – М.: Колос, 2006. – 598 с.
6. Михеева, Д.Ш. Инженерная геодезия / Д.Ш. Михелев, М.И. Киселев, Е.Б. Ключин; под ред. Д.Ш. Михелева. – 6-е изд. стер. – М.: ИЦ «Академия», 2006. – 480 с.
7. Неумывакин, Ю.К. Практикум по геодезии / Ю.К. Неумывакин, А.С. Смирнов / под общ. ред. Н.Т. Куприной. – М.: Недра, 1985. – 200 с.
8. Поклад, Г.Г. Геодезия: учеб. пособие для вузов / Г.Г. Поклад, С.П. Гриднев; Воронежск. гос. аграрн. унив-т. – М.: Академический проект, 2007. – 592 с.
9. Петерс, И. Шестизначные таблицы тригонометрических функций / И. Петерс / под общ. ред. Л.М. Комарьковой. – М.: Недра, 1975. – 300 с.
10. Указания по вычислению площадей: утв. гл. управлен. землепользования, землеустройства и охраны почв МСХ РСФСР 24.04.74. – М., 1974. – 48 с.
11. Условные знаки для топографических планов масштабом 1:5 000, 1:2 000, 1:1 000, 1:500: утв. ГУГК при Совете Министров СССР 25.11.86. – М.: Картгеоиздат-Геоиздат, 2000. – 286 с.
12. Федотов, Г.А. Инженерная геодезия / Г.А. Федотов / под общ. ред. Л.А. Савиной. – М.: Высшая школа, 2002. – 463 с.
13. Чижмаков, А.Ф. Практикум по геодезии / А.Ф. Чижмаков, А.М. Кривоченко, В.М. Лазарев [и др.] / под общ. ред. Л.М. Комарьковой. – М.: Недра, 1977. – 240 с.
14. Южанинов, В.С. Картография с основами топографии / В.С. Южанинов / под общ. ред. Ю.Э. Ивановой. – М.: Высшая школа, 2001. – 302 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

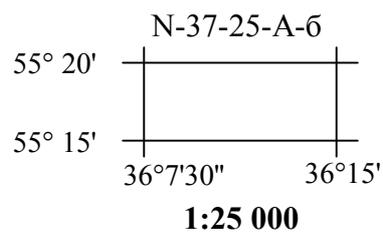
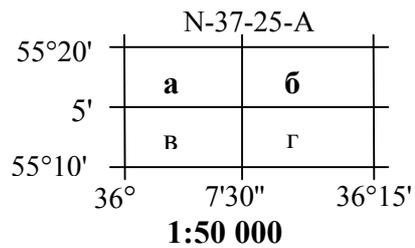
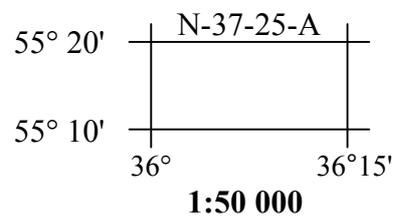
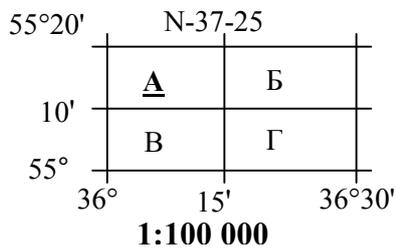
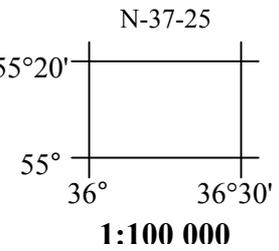
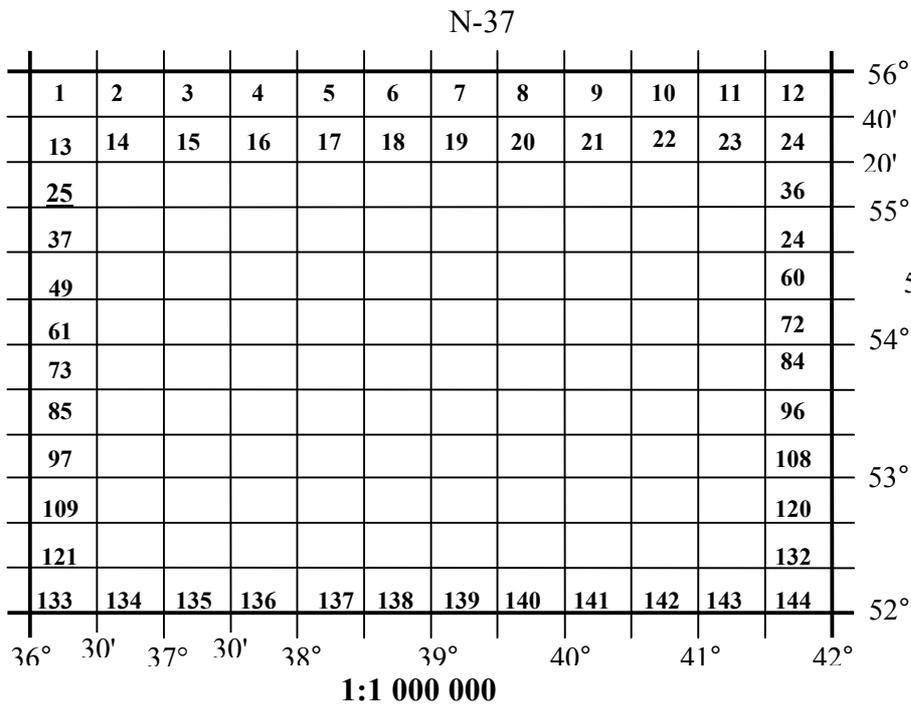
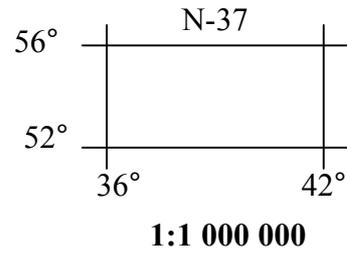
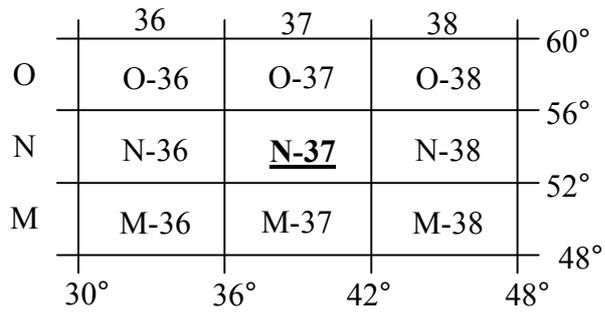
Условные знаки для топографических планов масштаба 1:5 000

Условные знаки
топографических
объектов

Название и характеристика
топографических
объектов



ПРИЛОЖЕНИЕ 2



ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Задание

1. Определение прямоугольных и географических координат:

- определить прямоугольные координаты всех вершин полигона (сделать схематический чертеж, показывающий положение точек относительно координатных осей);
- определить географические координаты всех вершин полигона (табл. 1)

Таблица 1

Определение координат вершин полигона по карте

№ вершины	Прям. координаты		Геогр. координаты	
	<i>X</i>	<i>Y</i>	Широта	Долгота
1				
2				
3				
4				

2. Ориентирование направлений:

- измерить по карте географические азимуты и дирекционные углы всех сторон полигона, вычислить магнитный азимут. Показать все измеренные и вычисленные величины на схематическом чертеже;
- используя измеренные внутренние углы полигона, принимая дирекционный угол α_{1-2} за исходный, вычислить последовательно дирекционные углы всех сторон полигона по формуле передачи дирекционного угла. Вычисление углов вести по ходу часовой стрелки;
- по значениям дирекционных углов и азимутов вычислить румбы сторон (табл. 2).

Таблица 2

Определение длин сторон полигона и их ориентирных углов по карте

№ стороны	Длина стороны	Дирекционный угол		Географ. азимут	Магнитный азимут	Румбы		
		изм. по карте	выч. по формуле			Дирекционный	Географический	Магнитный
1-2								
2-3								
3-4								
4-1								

- 3. Обратная геодезическая задача.** По плановым координатам вершин полигона определить длины и дирекционные углы всех сторон полигона (табл. 3).

Таблица 3

Определение длин сторон полигона и их дирекционных углов
из решения обратной геодезической задачи

№ вершины	Прямоугольные координаты		Дирекционный угол	Длина стороны
	X	Y		
1				
2				
3				
4				

4. Изображение рельефа на топографической карте:

- определить высоты всех вершин полигона;
- вычислить значения уклонов по сторонам полигона;
- построить на миллиметровой бумаге продольный профиль по линии, указанной в задании;

5. Вычисление площади полигона:

- по координатам вершин полигона вычислить площадь полигона;
- вычислить площадь полигона графическим способом.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Планиметр № 4081				$R=133,4$		$p=0,02$			
№ секции	Положение полюса	Отсчеты n_1, n_2 и n_3	Разности $n_1 - n_2$ $n_2 - n_3$	Среднее из разностей	Площадь в делениях планиметра	Площадь, га	Поправка	Увязанная площадь секций, га	Примечание
I	ПЛ	8800	1590	1590,5	1509	31,80	-0,06	31,74	-
		0390							
		1981							
	ПП	0609	1591	1589,5					
		2240							
		3828							
II	ПЛ	8800	1684	1684	1686	33,72	-0,07	33,65	-
		0390							
		1981							
	ПП	0609	1689	1684					
		2240							
		3828							
III	ПЛ	8800	0891	0891	0891	17,82	-0,06	17,79	-
		0390							
		1981							
	ПП	0609	0890	0891					
		2240							
		3828							

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	2
РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1	4
Занятие 1. Масштабы. Условные топографические знаки.....	4
1.1. Масштабы.....	4
1.2. Условные топографические знаки	10
Занятие 2. Ориентирование направлений.....	12
Занятие 3. Номенклатура и разграфка топографических планов и карт.....	19
РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2.....	27
Занятие 4. Определение географических и прямоугольных координат точек и ориентирных углов направлений по карте.	27
Занятие 5. Прямая и обратная геодезические задачи.	30
Занятие 6. Основные формы рельефа. Задачи, решаемые на топографических картах и планах.....	35
Занятие 7. Определение площади участка.	42
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	49
ПРИЛОЖЕНИЕ 1	50
ПРИЛОЖЕНИЕ 2	52
ПРИЛОЖЕНИЕ 3	53



Н.С. Чмирев
А.В. Порошилов

ГЕОДЕЗИЯ

Екатеринбург
2011