

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
УЛЬЯНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПО ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ КАРТЕ

Методические указания к расчетно-графической работе № 1
по инженерной геодезии для студентов,
обучающихся по специальностям 27010265, 27010965

Составители:
Ю. А. Колмаков
В. И. Костромин

Ульяновск
2010

УДК 528.48(076)
ББК 38.115я7
Р 13

Рецензент доцент УГПУ, кандидат географических наук А. Л. Шкляр

Одобрено секцией методических пособий
научно-методического совета университета

Решение задач по топографической карте : методические указания
Р 13 к расчетно-графической работе № 1 по инженерной геодезии / сост. :
Ю. А. Колмаков, В. И. Костромин. – Ульяновск : УлГТУ, 2010. – 35 с.

Указания составлены в соответствии с государственным образовательным стандартом и учебно-методическим комплексом дисциплины «Инженерная геодезия» для подготовки инженеров специальностей 27010265, 27010965 дневной формы обучения при выполнении расчетно-графических работ.

Изложены теоретические сведения и даны рекомендации по решению основных геодезических задач, выполняемых на топографических планах и картах.

Указания подготовлены на кафедре «Строительное производство и материалы».

УДК 528.48 (076)
ББК 38.115я7

© Колмаков Ю. А., Костромин В. И.,
составление, 2010
© Оформление. УлГТУ, 2010

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
1. Изучение масштабов и измерение длин линий	5
2. Изучение условных знаков	8
3. Определение отметок точек	9
4. Определение координат точек	13
5. Определение крутизны линии местности	17
6. Построение продольного профиля	19
7. Ориентирование линий	21
8. Проведение линии заданного уклона	25
9. Определение границы водосборной площади	26
10. Решение прямой и обратной геодезических задач	27
Библиографический список	30
Приложение А	31
Приложение Б	35

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания предназначены для студентов всех специальностей строительного факультета дневной формы обучения. В них кратко, но достаточно полно для изучения и понимания сущности выполняемых заданий изложены основные теоретические сведения о методах решения задач, возникающих при использовании топографических планов и карт в строительстве.

К рассматриваемым вопросам относятся: изучение масштабов, условных знаков, характера и свойств рельефа местности по картам и планам; определение по картматериалам расстояний, координат, отметок, уклонов; построение профиля и линий заданного уклона; определение водосборной площади; решение прямой и обратной геодезических задач.

Теоретический материал поясняется решением конкретных задач. С целью закрепления изученного материала каждому студенту выдается индивидуальное задание.

Решение задач на топографических планах и картах

Содержание работы:

1. Изучение масштабов и измерение длин линий.
2. Изучение условных знаков.
3. Определение отметок точек.
4. Определение прямоугольных координат точек.
5. Определение крутизны ската.
6. Построение продольного профиля.
7. Ориентирование линий.
8. Проведение линии заданного уклона.
9. Определение границы водосборной площади.
10. Решение прямой и обратной геодезических задач.

Перед выполнением задания студент должен изучить соответствующие разделы учебной литературы.

Задание каждый студент выполняет индивидуально, номер карты соответствует порядковому номеру фамилии студента в журнале группы.

Работу оформляют ручкой или карандашом на листе миллиметровой бумаги размером 35×55 см. Схема размещения рисунков и таблиц задания приведена в приложении.

Необходимые принадлежности: топографическая карта масштаба 1:10 000, линейка, циркуль-измеритель, транспортир с масштабной линейкой, карандаш ТМ – Т, шариковая ручка, микрокалькулятор.

1. ИЗУЧЕНИЕ МАСШТАБОВ И ИЗМЕРЕНИЕ ДЛИН ЛИНИЙ

Масштабом называется отношение длины линии на плане (карте) к длине горизонтального проложения соответствующей линии на местности.

Виды масштабов: численный, пояснительный, линейный, поперечный.

Численный масштаб – дробь с числителем единица и знаменателем, показывающим степень уменьшения линий местности при изображении его на плане, например: 1:500, 1:5000, 1:10 000, 1:50 000.

Пояснительный масштаб – количество метров или километров, соответствующее 1 см на плане: 1:500, в 1 см – 5 м; 1:5000, в 1 см – 50 м; 1:50 000, в 1 см – 500 м.

Линейный масштаб – графическое представление численного масштаба. Для его построения проводят прямую линию, которую делят на несколько равных отрезков, каждый из которых называется *основанием масштаба*. Обычно оно равно 2 см. От точек деления восстанавливают перпендикуляры высотой 2–3 мм, их концы соединяют. Первое основание делят на 10 частей, затем линейный масштаб оцифровывают для работы с определенным масштабом. За начало отсчета принимают правый конец первого основания (рис.1). Вправо от него каждое основание подписывают количеством метров, равным расстоянию данного основания от нуля. На первом основании подписывают середину и конец. На рисунке 1 приведен линейный масштаб, оцифрованный для численного масштаба 1:500. Расстояние по масштабу определяют с помощью циркуля-измерителя. Точность измерения составляет 0,1 наименьшего деления.

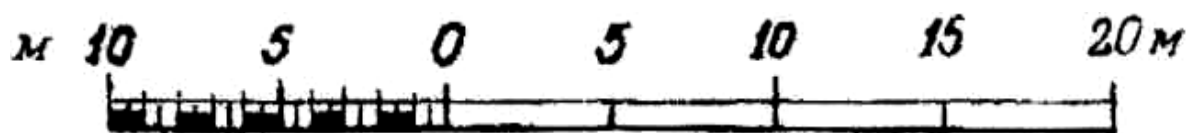
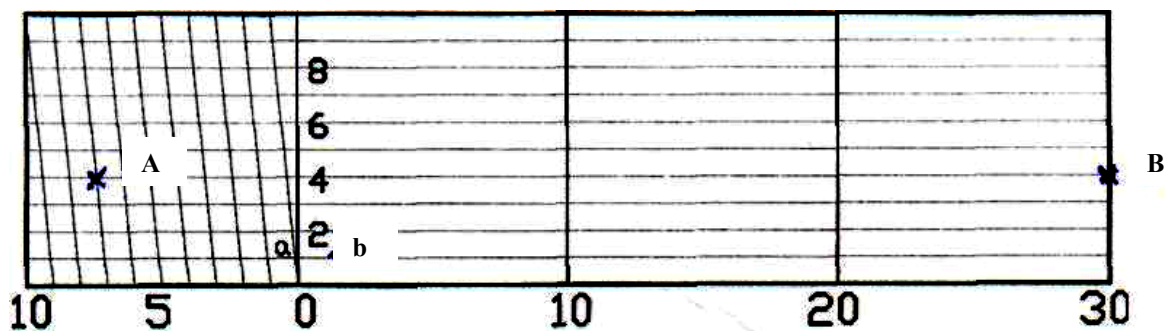


Рис. 1. Линейный масштаб

Более точно измерить длины линий на плане позволяет поперечный масштаб (рис. 2). При его построении проводят линию длиной 12–14 см, которую делят на отрезки по 2 см (основание масштаба). Из точек деления восстанавливают перпендикуляры высотой 30 мм (на стандартных линейках – 25 мм), и крайние из них делят на 10 равных частей.



Через точки деления проводят прямые, параллельные основанию. Верхнее и нижнее основание крайнего левого прямоугольника делят на 10 равных частей (2 мм), которые называются *ценой деления поперечного масштаба*. Затем первую точку верхнего основания соединяют с нулевой нижней основания, вторую верхнего основания с первой нижней основания и т. д. Деление ***ab*** называется *наименьшим делением поперечного масштаба* (0,2 мм).

Точность измерений линий на планах определяется *графической* или *предельной точностью масштаба*.

Точность измерения длины линии на картографических материалах при помощи поперечного масштаба и циркуля составляет 0,2 мм.

Длину ломаных линий определяют по сумме ее отрезков. Допустим необходимо установить длину линии (рис. 3), состоящей из отрезков l_1 , l_2 , l_3 . Измерения начинают с установки игл циркуля в точках a и b , затем фиксируют иглу в точке b , и не изменяя раствора, поворачивают циркуль до совмещения со створом линии $бв$, т. е. до положения игл в точках a_1 и $б$. Далее перемещают иглу циркуля из точки $б$ в точку $в$, и, таким образом, получают суммарную длину двух отрезков $(l_1 + l_2)$. Зафиксировав иг-

лу циркуля в точке $\mathbf{в}$, вращением ножки циркуля перемещают вторую иглу в точку $\mathbf{a}_2$, находящуюся в створе линии $\mathbf{вг}$. Далее иглу из точки $\mathbf{в}$ перемещают в точку $\mathbf{г}$, т. е. увеличивают раствор циркуля на величину l_3 . Таким образом, в растворе циркуля зафиксирован отрезок $l_1 + l_2 + l_3$.

Общую длину ломаной линии определяют по поперечному масштабу. Для контроля и повышения точности линию измеряют в обратном направлении. Допустимое расхождение двух значений линии не должно превышать $\Delta d_{\text{дон}} = 4 \times 10^{-4} \cdot M$, где M – знаменатель масштаба карты.

Извилистую линию измеряют вышеприведенным способом или курвиметром. В первом способе линия делится на приближенно прямолинейные отрезки, и суммированием находят ее длину. Разновидностью этого способа является определение длины линии путем многократного откладывания на кривой постоянного раствора измерителя, который зависит от извилистости линии и составляет 2–5 мм (шаг).

Общая длина линии на плане равна произведению числа шагов на их величину, плюс остаток. Контроль выполняется измерением в обратном направлении.

Длину извилистой линии удобно измерять курвиметром (рис. 4). Перед измерением вращением колесика шкалу циферблата приводят в ноль. Устанавливают колесико в начальную точку, проводят курвиметр по линии, и считывают результат. Полученное значение переводят в метры в соответствии с масштабом.

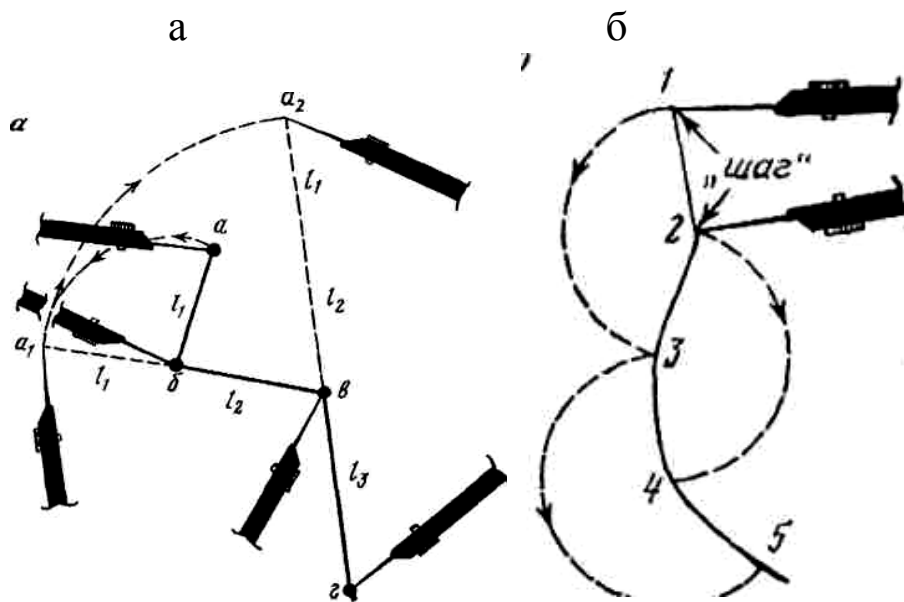


Рис. 3. Измерение ломаной и извилистой линии
(а, б – см. в тексте)

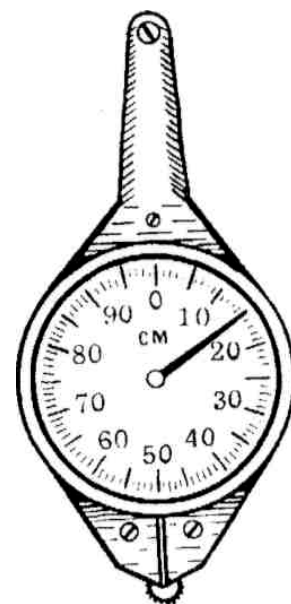


Рис. 4. Курвиметр

Задание:

1. Построить поперечный масштаб и подписать его для масштабов 1:10 000, 1:2000, 1:1000 и 1:500.
2. Измерить на карте длины линий **AB**, **BC** и **CD**, и записать их значение в таблицу (приложение Б). Концы отрезков для масштаба 1:10 000 отметить крестиками и буквами на поперечном масштабе (приложение Б).
3. Составить таблицу пояснительного масштаба и точности масштабов. Макет оформления задания приведен в приложение Б.
4. Измерить длину ломаной линии **KN** в прямом и обратном направлениях, способом наращивания раствора.
5. Выполнить контроль измерений.
6. Результаты занести в таблицу (приложение Б).

2. ИЗУЧЕНИЕ УСЛОВНЫХ ЗНАКОВ

Наглядность чтения топографических карт и планов обеспечивается с помощью условных знаков. Условные знаки делятся на 4 группы:

- масштабные;
- внемасштабные;
- пояснительные;
- линейные.

Масштабные условные знаки изображают местные предметы с соблюдением их размеров, например, озера, здания, огороды и т. д., они дают возможность определить по плану не только местоположение, но и его размеры.

Таблица 1

Внемасштабные условные знаки

Условные знаки			Название условных знаков	Место главной точки
1	2	3		
			1. Пункт триангуляции 2. Водяная мельница 3. Завод без трубы	Центр фигуры
			1. Памятник 2. Отдельно лежащий камень 3. Ветряная мельница	Середина основания знака
			1. Дерево отдельное 2. Километровый столб 3. Ветряная мельница	Вершина прямого угла у основания
			1. Завод с трубой 2. Колодец с журавлем 3. Часовня	Центр нижней фигуры

Внемасштабные условные знаки показывают предметы местности, которые не выражаются в масштабе плана, например, геодезические пункты, колодцы, трубы и т. д. Предметы, обозначенные такими условными знаками, занимают площади больше, чем это следует из их размеров. При вычерчивании внемасштабные условные знаки располагают вертикально, точное положение предмета на местности совпадает с главной точкой. Расположение главной точки зависит от вида условного знака (табл. 1).

Линейные знаки показывают объекты линейного характера (дороги, реки, линии связи и т. д.). Длина этих объектов выражается в масштабе плана, а ширина дается внемасштабно.

Задание:

1. Выбрать по 4 условных знака из каждой группы (приложение А) и вычертить их, располагая в соответствии с заданием (приложение Б).
2. Размеры знаков не проставлять.
3. При вычерчивании знаков соблюдать цвета, согласно пояснениям приложения А.

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТМЕТОК ТОЧЕК

Высотой точки земной поверхности называется расстояние от этой точки по отвесной линии до исходной уровенной поверхности.

В качестве исходной уровенной поверхности принимается уровень Балтийского моря или уровенной поверхности любой точки. В первом случае высоты называются абсолютными, во втором – условными. Числовые значения высоты – *отметка*.

Разность высот двух точек называется *превышением*. Превышение может быть положительным или отрицательным, в зависимости от положения определяемой точки. Если она находится выше по отношению к исходной, то превышение положительное, если ниже – отрицательное.

Отметка любой точки земной поверхности на карте (плане) может быть определена по горизонталям. Сущность изображения рельефа местности горизонталями заключается в следующем. Поверхность участка Земли пересекается горизонтальными плоскостями через определенные равные промежутки. Пересечение секущих плоскостей с поверхностью Земли образует замкнутые линии, которые называются горизонталями. *Горизонталь* – линия равных высот. Расстояние между горизонтальными секущими плоскостями по вертикали называется *высотой сечения рельефа*, а расстояние между соседними горизонталями на плане – *заложением*.

Определение отметок точек местности основано на свойствах горизонталей:

- все точки, лежащие на одной горизонтали, имеют одинаковые отметки;
- горизонтالي не могут пересекаться;
- отметки горизонталей всегда кратны высоте сечения рельефа;
- горизонталь всегда замкнутая, плавная кривая.

Горизонтالي делятся на:

- основные, с сечением рельефа h ;
- основные утолщенные: при высоте рельефа $h = 0,25$ и $0,5$ м утолщают каждую четвертую горизонталь;
- дополнительные (полугоризонтالي), с сечением рельефа $h/2$;
- вспомогательные, с сечением рельефа $h/4$.

При решении задач на карте, в том числе определении отметок, важным моментом является определение направления ската. Этот вопрос решается на основе следующих признаков (рис. 5):

- по направлению бергштрихов, они показывают направление ската (рис. 5, б, е);
- по подписи горизонтали, верх подписи направлен в сторону повышения ската (рис. 5, в);
- по подписям высот точек, например, на рис. 5, г видно, что скат направлен с точки 2 к точке 1;
- по объектам гидрографии, местность понижается к рекам, озерам (рис. 5, д);
- по форме оврагов и промоин, открытие оврагов и промоин всегда направлено в сторону понижения местности (рис. 5, а).

При определении отметок возможно два положения точек относительно горизонталей:

- точка находится на горизонтали;
- точка находится между горизонталями.

Если точка находится на горизонтали, то отметка равна отметке этой горизонтали. Чтобы определить отметку точки необходимо знать:

- отметки горизонталей;
- направление ската;
- высоту сечения рельефа;
- свойства горизонталей.

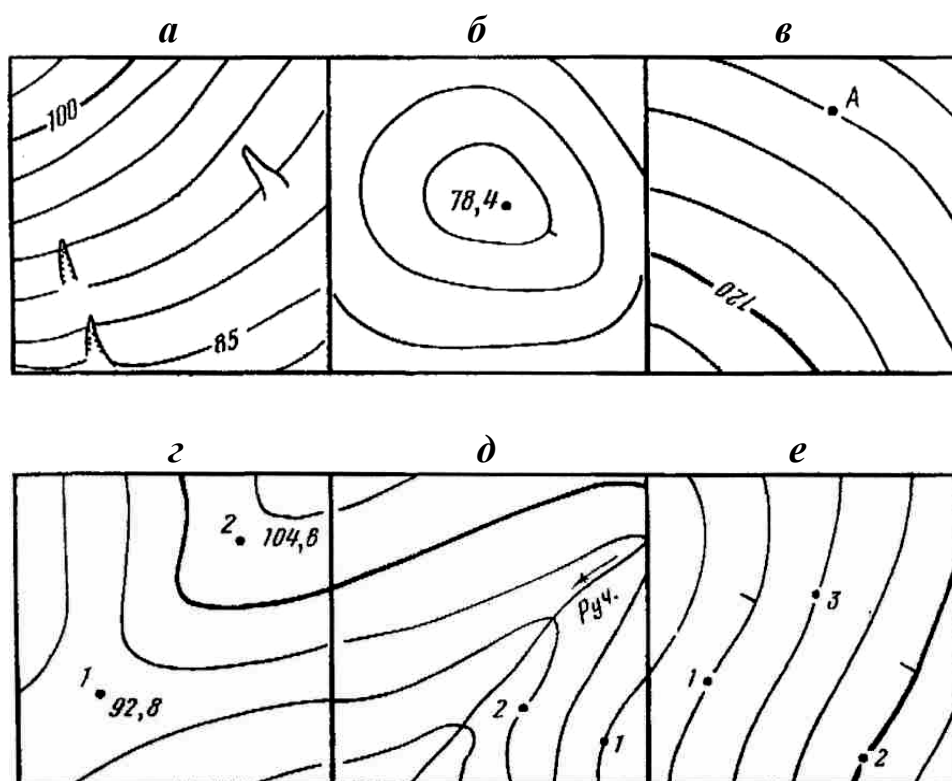


Рис. 5. Определение направления скатов
(а, б, в, г, д, е – см. в тексте)

Например: по фрагменту карты (рис.6, а) нужно определить отметку точки *A*. Примем высоту сечения рельефа $h = 5$ м и по подписи отметки $H = 100$ м горизонтали устанавливаем направление ската.

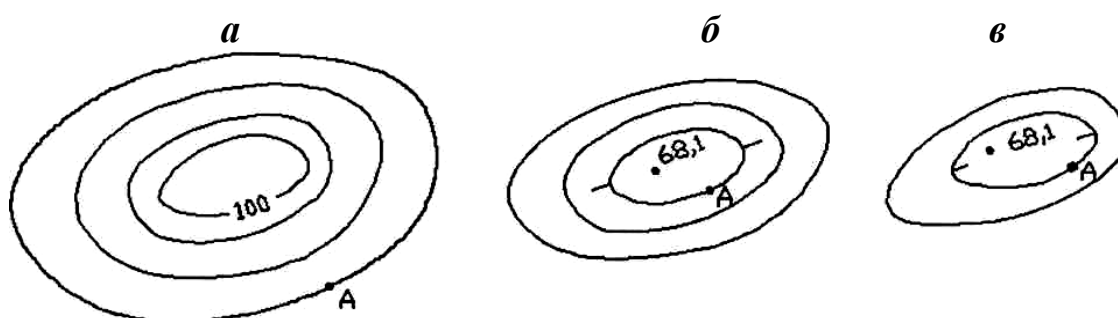


Рис. 6. Определение отметок точек по горизонталям
(а, б, в – см. в тексте)

Превышение между двумя любыми горизонталями равно произведению высоты сечения рельефа на число интервалов, отделяющих горизонтали друг от друга. Точка *A* находится ниже горизонтали с $H = 100$ м, а число интервалов равно 3. Следовательно, отметка горизонтали, на которой находится точка *A*, равна $H_A = 100 - (3 \cdot 5) = 85$ м.

На рис. 6, б приведен другой тип задачи. По отметке точки рельефа следует установить отметку горизонтали и соответственно точки *А*. Бергштрих замкнутой горизонтали показывает, что на рисунке изображена возвышенность, и отметка точки *А* меньше отметки вершины. Исходя из свойств горизонтали – отметка горизонтали кратна высоте сечения рельефа, и принимая высоту сечения рельефа равной $h = 2,5$ м получим, что отметка горизонтали, на которой находится точка *А*, равна 67,5.

Несколько отличается определение отметки по фрагменту карты, изображенному на рис. 6, в. Бергштрих показывает на отрицательную форму рельефа – котловину. По направлению ската и свойству горизонтали (отметка кратна высоте сечения) определим, что отметка горизонтали с точкой *А* равна 70 м.

Отметка точки, лежащей между горизонталями, находится в такой последовательности:

- устанавливают отметки горизонталей, между которыми расположена точка. Горизонталь с меньшей отметкой называется *младшей*, с большей – *старшей*;
- через точку проводят прямую, нормальную к горизонталям (рис. 7), измеряют заложение d и расстояние l от младшей горизонтали.

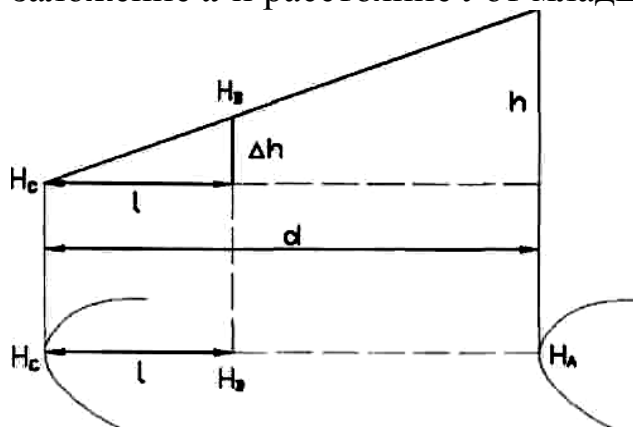


Рис. 7. Определение отметки точки В

Отметка точки *В* будет равна

$$H_в = H_{мл} + \Delta h = H_{мл} + (l/d)h, \quad (1)$$

где $H_{мл}$ – отметка младшей горизонтали; h – высота сечения рельефа.

Пример:

$$H_{мл}=190 \text{ м}; d=18 \text{ мм}; l=5 \text{ мм}; h= 2,5 \text{ м}$$

$$\Delta h = (5/18)2,5 = 0,7 \text{ м}$$

$$H_в = 190 + 0,7 = 190,7 \text{ м}$$

Отметки при сечении рельефа 2,5 м вычисляют с точностью 0,1 м.

Задание:

1. Изобразить основные формы рельефа горизонталями, проставить бергштрихи.
2. В пределах линии **AB** определить положение самой высокой и низкой точек местности.
3. Определить отметку точек **B**, 1, 2, 3 .
4. Вычислить превышение между точками **A** и **B**.

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КООРДИНАТ ТОЧЕК

Для составления карт, планов, профилей, расчетов при проектировании и строительстве инженерных сооружений необходимы координаты точек в какой-либо системе координат. В прикладных целях применяют:

- систему полярных координат;
- систему плоских прямоугольных координат;
- зональную систему плоских прямоугольных координат.

Полярные координаты – система координат, состоящая из начала координат **O** (полюса) и полярной оси **OX** (рис. 8). Положение любой точки **M** определяется отрезком **OM** (радиус-вектор **d**) и углом **β** (полярный угол). Полярную ось можно ориентировать в любом направлении.

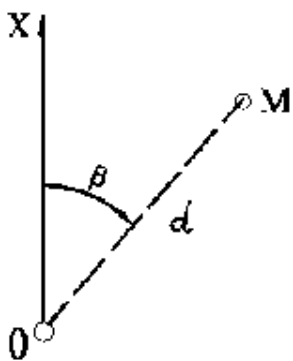


Рис. 8. Система полярных координат

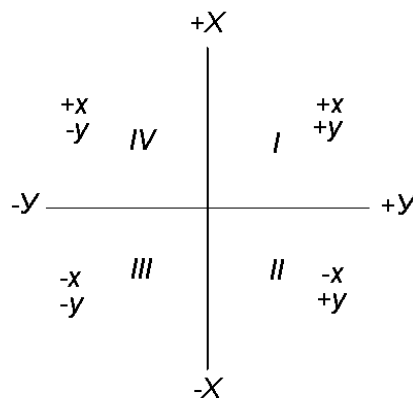


Рис. 9. Система прямоугольных координат

Плоские прямоугольные координаты точек определяются в системе, представляющей две взаимоперпендикулярные прямые – ось **X** и ось **Y**, в которой точка пересечения осей является началом координат (рис. 9). За положительное направление оси **X** принимается северное направление, оси **Y** – восточное. На практике ось абсцисс часто совпадают с основными осями сооружения (мост, здание и т. д.). Пересекаясь, оси координат образуют на плоскости четыре четверти. Счет четвертей идет по часовой стрелке. Знаки абсцисс и ординат точек каждой четверти показаны на

рис. 9. Положение любой точки M на плоскости определяется перпендикулярами x и y , опущенными из нее на оси координат. В данной системе координат можно построить изображение небольшого участка местности, значительные участки нельзя изобразить на плоскости без складок и разрывов.

Для устранения этих искажений при изображении Земли применяют картографические проекции. Выбор вида проекции зависит от назначения карты, величины и вида искажений при проектировании сферы на плоскость.

В России с 1928 года применяют *равноугольную поперечно-цилиндрическую проекцию Гаусса–Крюгера* (рис. 10, а).

В проекции Гаусса поверхность Земли делится на зоны, представляющие собой сферические двугольники, построенные от северного до южного полюса. Чтобы искажения при проектировании сферы на плоскость не превышали точность карт, протяженность зоны на экваторе по долготе принимают равной 6° , а при съемке местности в масштабах 1:5000 и крупнее 3° .

Для территории России на широтах $36^\circ < \varphi < 70^\circ$ величина искажения линий на краях зоны меняется от 1/1100 до 1/6000. Такие искажения не превышают погрешностей построения карт масштаба 1:10 000, поэтому масштаб изображения на этих и меньшего масштаба картах в проекции Гаусса остается постоянным. Счет зон ведется от Гринвичского меридиана на восток.

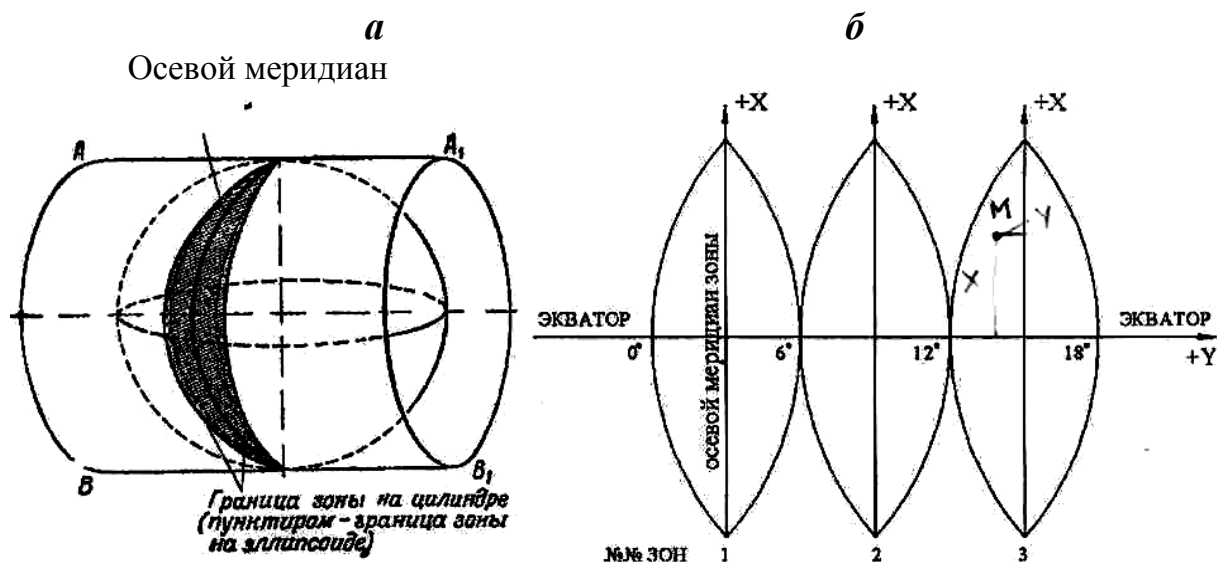


Рис. 10. Поперечно-цилиндрическая проекция Гаусса-Крюгера (а); зональная система координат (б)

Поверхность Земли изображается на плоскости по частям, отдельно каждая зона. Земной шар помещают в цилиндр, ось которого проходит через центр Земли и находится в плоскости экватора. Земной шар касается поверхности цилиндра центральным меридианом зоны, который называется *осевым меридианом*. Зона проектируется на боковую поверхность цилиндра, который затем разворачивается в плоскость. Изображение зоны получается расширенным, так как проекции линий на поверхность цилиндра длиннее, чем на шаре.

Осевой меридиан и экватор (рис. 10, б) изображаются взаимноперпендикулярными прямыми линиями и образуют *зональную систему плоских прямоугольных координат* (рис. 10, б).

Изображение осевого меридиана принимается за ось абсцисс, экватора – за ось ординат. Счет абсцисс ведется от экватора к полюсам, к северу – положительное значение, к югу – отрицательное. На территории России абсциссы положительны. Чтобы избежать отрицательных значения ординат, в каждой зоне начало счета принимают равным 500 км. Таким образом, точки, расположенные к западу от осевого меридиана, имеют ординаты меньше 500 км, а к востоку – больше 500 км. Перед ординатой указывают номер зоны.

Пример: точка *М* имеет координаты $x_M = 6066,455$ км, $y_M = 3\,312,582$ км. Следовательно, точка *М* находится к северу от экватора на расстоянии 6066,455 км, в третьей зоне на расстоянии $\Delta y = 312,582 - 500,000 = 187,418$ км к западу от осевого меридиана.

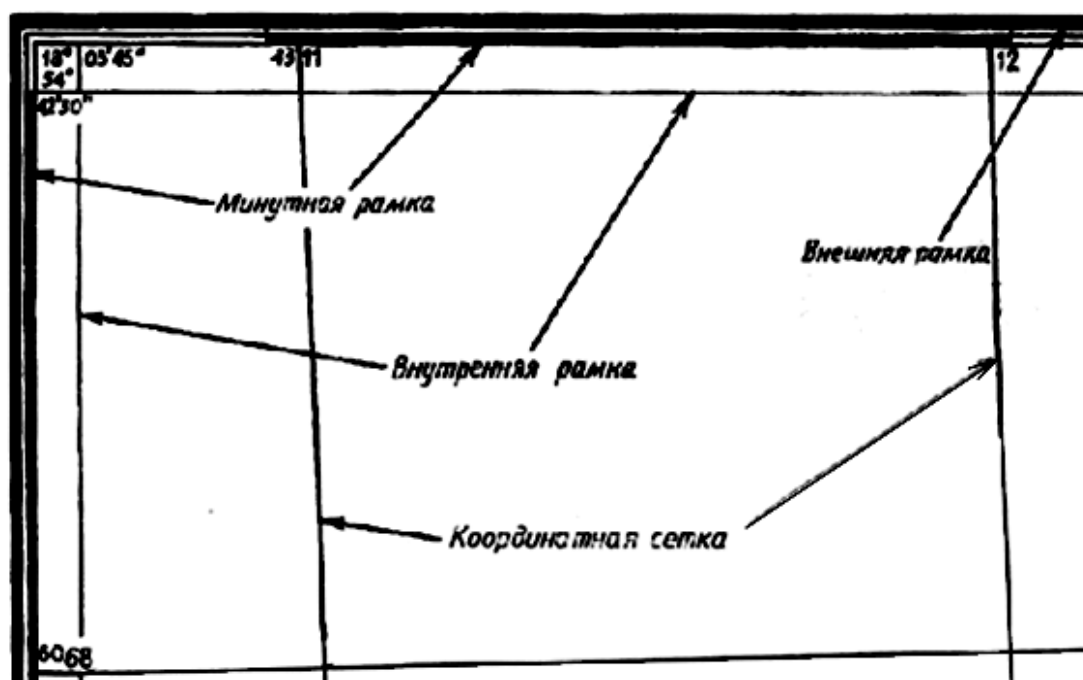


Рис. 11. Оформление рамок карты

Для удобства определения координат точек, на каждом листе топографической карты наносят сетку квадратов – *координатную сетку*. На картах масштабов 1:10 000 – 1:50 000 сторона квадрата сетки равна 1,0 км, и ее еще называют *километровой*. Координаты линий сетки помещают между внешней и внутренней рамками карты (рис. 11).

Определение прямоугольных координат точек. По оцифровке линий координатной сетки (рис. 12) устанавливают координаты $x_{\text{юг}}$, $y_{\text{зап}}$ юго-западного угла квадрата, в котором расположена заданная точка A . Из этой точки опускают перпендикуляры Δx и Δy на южную и западную стороны квадрата. Определив их длину по поперечному масштабу, вычисляют координаты точки A

$$x_A = x_{\text{юг}} + \Delta x; \quad y_A = y_{\text{зап}} + \Delta y. \quad (2)$$

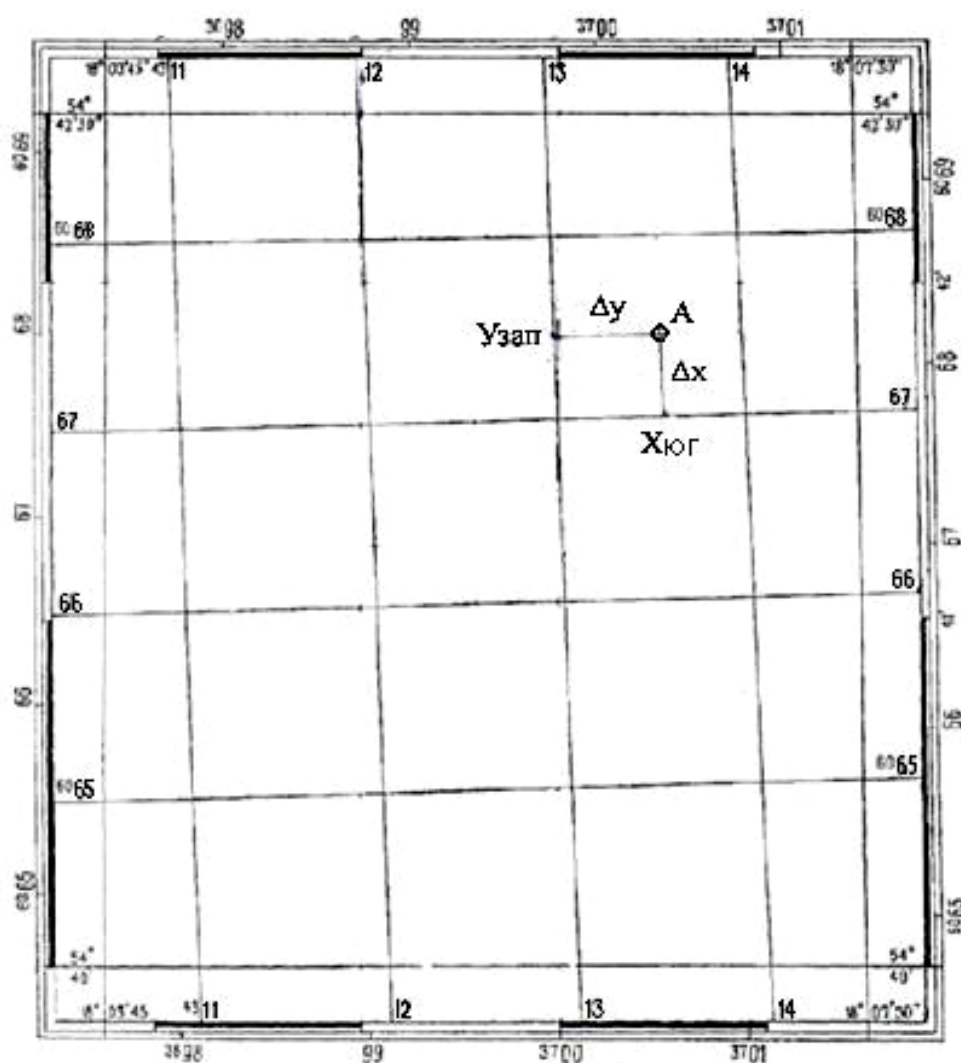


Рис. 12. Определение прямоугольных координат точки A

Пример:

Определим прямоугольные координаты точки A (рис. 12).

Координаты юго-западного угла квадратов координатной сетки, в котором расположена точка A , имеют следующие значения: $x_{\text{юг}} = 6067$ км и $y_{\text{зап}} = 4313$ км.

Измеренное значение $\Delta x = 590$ м, $\Delta y = 285$ м и, следовательно, координаты точки A равны

$$\begin{aligned}x_A &= 6067,000 + 0,590 = 6067,590; \\y_A &= 4313,000 + 0,285 = 4313,285.\end{aligned}$$

Задание:

Определить по карте прямоугольные координаты точек A , B , C , результаты занести в таблицу приложения Б.

5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРУТИЗНЫ ЛИНИИ МЕСТНОСТИ

Крутизна линии местности характеризуется углом наклона ν или уклоном i , значения которых вычисляют по формуле

$$\operatorname{tg} \nu = i = h/d, \quad (3)$$

где h – разность высот конечной и начальной точек линии; d – горизонтальное проложение линии.

Угол наклона – это угол, расположенный в вертикальной плоскости и образованный горизонтальной плоскостью и линией местности.

Уклон – это тангенс угла наклона линии местности. Уклон выражают в долях единицы, в процентах и промиллях (промилле – тысячная часть числа). Например, уклон линии AB равен $i_{AB} = 0,005$, в процентах 0,5 %, и в промиллях – 5 ‰.

Чтобы определить уклон (угол наклона) между двумя точками местности, расположенными не на смежных горизонталях, на карте измеряют горизонтальное проложение d линии и выражают его в метрах. Затем вычисляют превышение h между заданными точками, и по формуле (3) находят характеристики крутизны линии местности.

Пример:

Определить уклон линии AB (рис. 13).

При высоте сечения рельефа $h = 2,5$ м отметки точек A и B равны $H_A = 156,8$ м и $H_B = 151,1$ м. Длина линии составляет 35,5 м. По формуле (3) уклон линии равен $i = 0,161$.

Угол наклона, или уклон ската местности, можно определить, пользуясь специальными графиками, называемыми *график заложений*.

Для построения графика заложений задаются значения ν ($0^\circ 3'$, $0^\circ 5'$, 1° , 2° , 3° , 4° , 5° , 10° , 20°) и i (0,005, 0,01; 0,02; 0,03; 0,04; 0,05; 0,10; 0,2; 0,3) и по формулам вычисляют значения d . Высота сечения рельефа h зависит от масштаба карты, в нашем случае $h = 2,5$ м,

$$d = h/\operatorname{tg} \nu; \quad d = h/i. \quad (4)$$

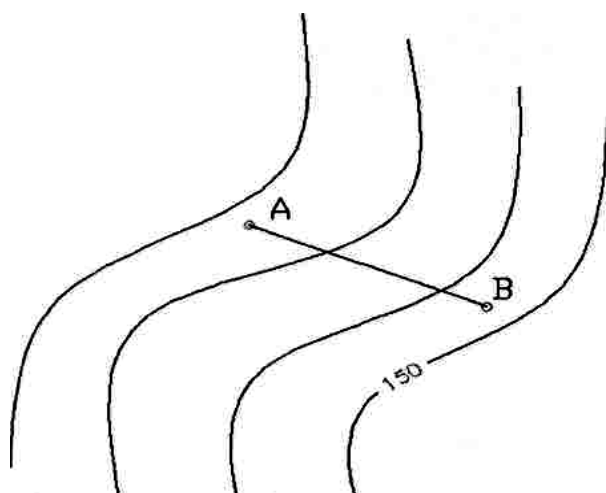


Рис. 13. Фрагмент плана для определения уклона линии местности

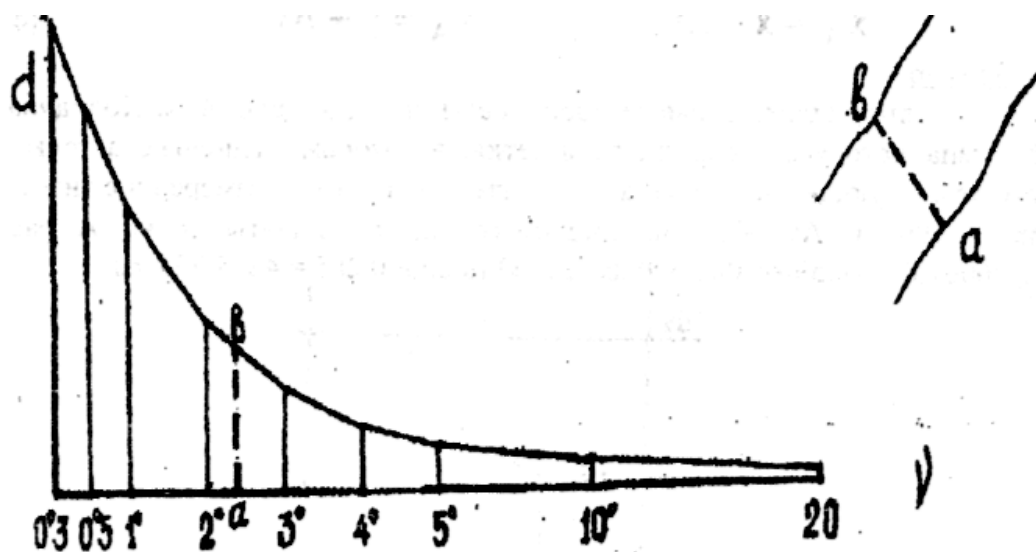


Рис. 14. Определение углов наклона по масштабу заложений

График заложений строится следующим образом. Проводится горизонтальная линия, на которой откладываются равные отрезки, которые подписываются значениями углов наклона или уклонов. На концах отрезков восстанавливаются перпендикуляры, и на каждом из них в масштабе карты откладываются вычисленные значения заложений. Концы перпендикуляров соединяют плавной линией.

Чтобы определить угол наклона, или уклона ската местности, циркулем снимают расстояние $d = ab$ (рис. 14) между соседними горизонталями по заданному направлению.

Приложив иглу ножки циркуля к горизонтальной линии, находят пересечение второй ножки циркуля с кривой. По оцифровке горизонтальной линии определяют угол наклона, или уклон.

Задание:

1. Построить графики заложений для вышеуказанных значений v и i . Графики заложений расположить в соответствующих графах РГР (Приложение Б).

2. С помощью графика заложений определить максимальный и минимальный уклоны отрезков продольного профиля, построенного по линии 1–2 (раздел 6).

При определении крутизны линии, соединяющей две смежные горизонтали, значение h принимают равным высоте сечения рельефа, которое подписано под южной рамкой карты. Заложение определяют с помощью циркуля и поперечного масштаба.

Для характеристики уклона по направлению наибольшей крутизны линии местности измеряют заложение ската – кратчайшее расстояние между смежными горизонталями по направлению, перпендикулярному к этим горизонталям.

6. ПОСТРОЕНИЕ ПРОДОЛЬНОГО ПРОФИЛЯ

Профилем называется изображение на плоскости в уменьшенном виде вертикального разреза местности.

Построение профиля между заданными точками на карте выполняют в такой последовательности:

- проводят линию между заданными точками, которая называется *профильной* (рис. 15);

- на листе миллиметровой бумаги, на расстоянии 12–15 см от верхнего края, строят профильную сетку по длине линии (рис. 16) и подписывают названия граф;

- к профильной линии прикладывают подготовленный лист миллиметровой бумаги и на ее край, штрихами, переносят пересечение профильной линии с горизонталями, характерными точками рельефа, водотоками. Эти точки нумеруют и отмечают в графе «№ точек» – порядковые номера, а в графе «расстояния» вертикальными линиями;

- определяют расстояние между соседними точками и записывают в графу «расстояния»;

- определяют отметки точек пересечения профильной линии с горизонталями, характерными точками рельефа и водотоками. Полученные отметки записывают в графу «отметки»;

- верхнюю линию профильной сетки принимают за исходный (условный) горизонт и устанавливают его отметку с условием, чтобы нижняя точка профиля находилась от сетки профиля на расстоянии 4–6 см;

- строят вертикальный масштаб с таким расчетом, чтобы профиль линии располагался в его пределах;

- на перпендикулярах к точкам профиля откладывают значения высот в принятом вертикальном масштабе профиля;

- концы перпендикуляров соединяют прямыми линиями и получают профиль местности по линии ***AB***.

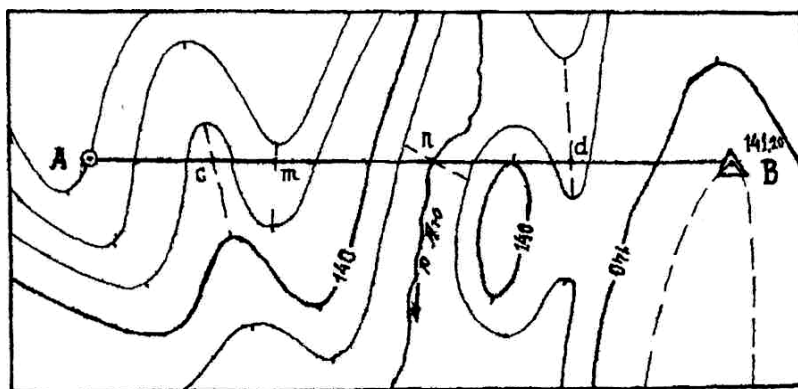


Рис. 15. Профильная линия АВ

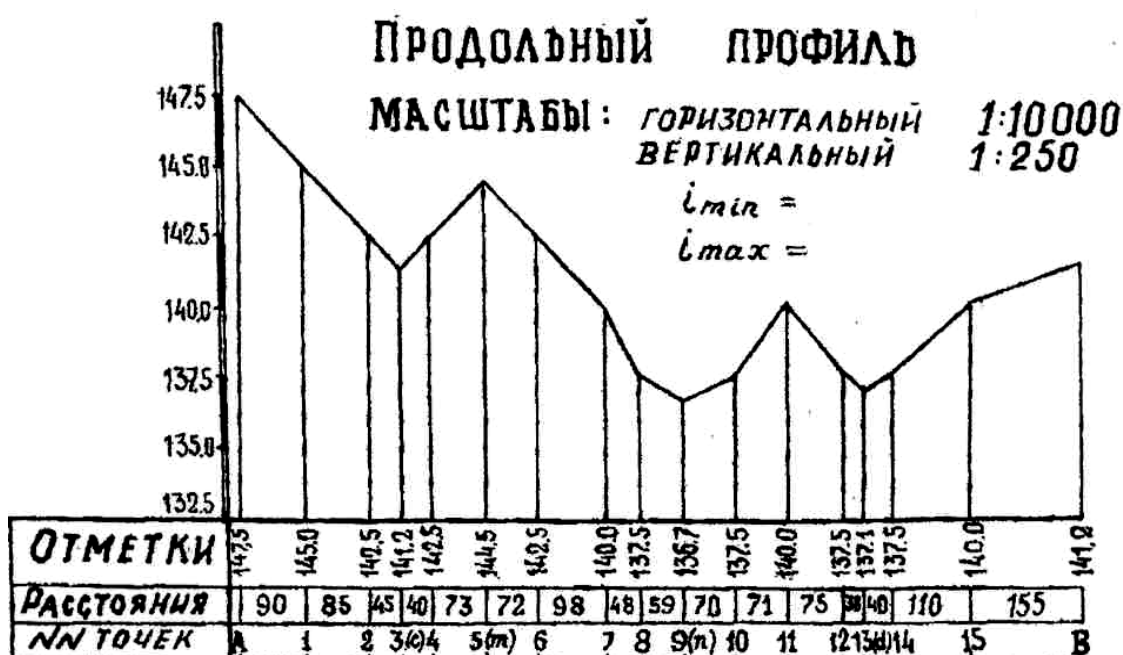


Рис. 16. Продольный профиль линии АВ

Построение профиля рассмотрим на примере. В соответствии со схемой построения профиля к линии **АВ** прикладываем лист миллиметровой бумаги и отмечаем пересечения края бумаги с горизонталями (1, 2, 4, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 14, 15), тальвегом (точки **c** и **d**), водоразделом (точка **m**) и ручьем (точка **n**).

На построенной профильной сетке заполняем графы «№ точек» и «расстояния», в графу «отметки» записывают высоты точек профиля. Отметку условного горизонта принимаем равной $H_{усл} = 132,5$ м и строим перпендикуляры, на которых в масштабе 1:250 откладываем отметки точек. Соединив концы отрезков, получим профиль линии **АВ**.

Задание:

1. Построить профиль по линии I–II и расположить его в соответствующей графе приложения Б.
2. Масштабы профиля: горизонтальный 1:10 000; вертикальный 1:250.

7. ОРИЕНТИРОВАНИЕ ЛИНИЙ

Ориентировать линию – это определить ее положение относительно направления, принятого за исходное.

В геодезии за исходное направление принимают *истинный*, *магнитный* или *осевой* меридианы. В зависимости от вида исходного меридиана различают истинный и магнитный азимуты, дирекционный угол и румбы.

Азимут называется горизонтальный угол, отсчитываемый от северного направления меридиана по ходу часовой стрелки до направления данной линии. Азимут называется *истинным* A , если отсчитывается от истинного меридиана, и *магнитным* A_m , если от магнитного.

Дирекционным углом α называется горизонтальный угол, отсчитываемый от северного направления осевого меридиана по ходу часовой стрелки до направления данной линии.

Азимуты и дирекционный угол измеряются от 0° до 360° .

Румбом r линии называется горизонтальный угол, отсчитываемый от ближайшего направления меридиана до направления данной линии. Румбы измеряются от 0° до 90° . Зависимость между значением румбов и дирекционных углов приведена в табл.2.

Таблица 2

Связь дирекционных углов и румбов

Четверть	Значение угла	Значение румба	Наименование румба	Обратные дирекционные углы
1	$0^\circ - 90^\circ$	$r = \alpha$	СВ	$180^\circ - 270^\circ$
2	$90^\circ - 180^\circ$	$r = 180^\circ - \alpha$	ЮВ	$270^\circ - 360^\circ$
3	$180^\circ - 270^\circ$	$r = \alpha - 180^\circ$	ЮЗ	$0^\circ - 90^\circ$
4	$270^\circ - 360^\circ$	$r = 360^\circ - \alpha$	СЗ	$90^\circ - 180^\circ$

В геодезии приняты следующие обозначения меридианов:



Истинные меридианы разных точек линии не параллельны между собой, поэтому истинные азимуты точек линий также не одинаковы (рис. 17).

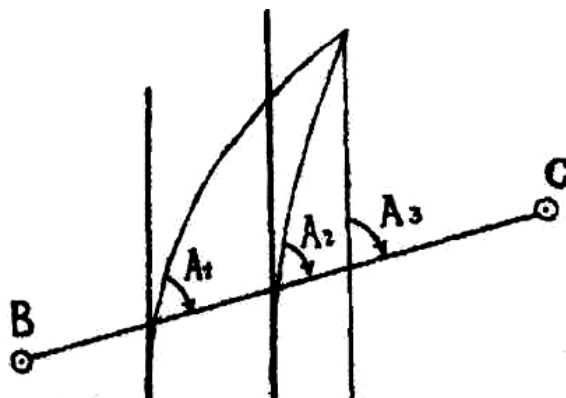


Рис. 17. Истинные азимуты линий

Следовательно, прямая линия местности при построении ее на плане по истинному азимуту изобразится ломаной.

Напротив, дирекционный угол одинаков в любой точке линии. Поэтому все геодезические сети ориентируют по дирекционным углам.

Угол между направлениями истинного и осевого меридианов называется *сближением меридианов* γ . Сближение меридианов считают положительным, если осевой меридиан расположен к востоку от истинного, и отрицательным – к западу (рис. 18).

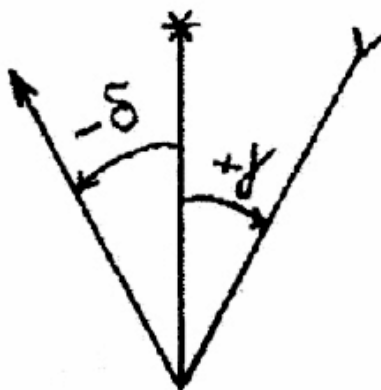


Рис. 18. Сближение и склонение меридианов

Обычно на картах измеряют дирекционный угол, а истинный азимут вычисляют по формуле

$$A = \alpha + (\pm\gamma). \quad (5)$$

В некоторых случаях геодезические построения ориентируют по магнитному меридиану. Магнитные меридианы сходятся в магнитном полюсе Земли, который не совпадает с географическим полюсом.

Угол между направлениями истинного и магнитного меридианов называется *склонением магнитной стрелки* δ (рис. 19). Склонение считается положительным, если магнитный меридиан расположен к востоку от истинного, и отрицательным – к западу. По значению истинного азимута можно вычислить магнитный

$$A_m = A - (\pm\delta). \quad (6)$$

При ориентировании линии часто используют обратные углы. На рис. 19 азимут направления **BC** называется *прямым*, а **CB** – *обратным*. Прямой и обратный истинный азимуты различаются на величину сближения меридианов

$$A_{BC} = A_{CB} \pm 180^\circ \pm \gamma. \quad (7)$$

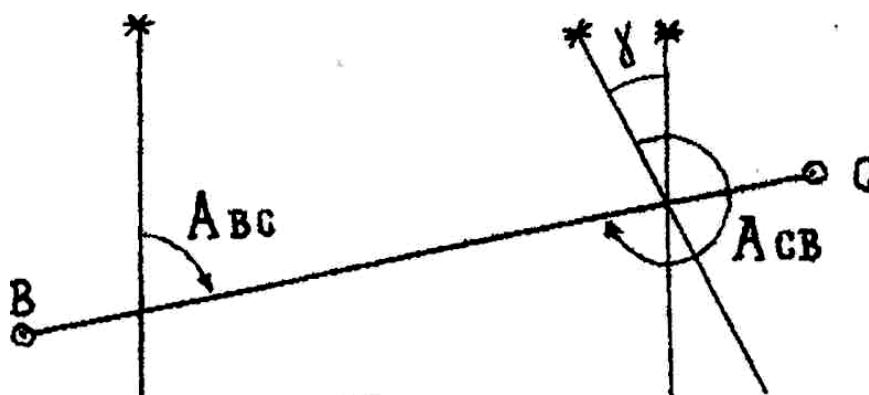


Рис. 19. Прямой и обратный азимуты

Прямой и обратный дирекционные углы различаются на 180°

$$\alpha_{OB} = \alpha_{ПР} \pm 180^\circ. \quad (8)$$

Прямой румб отличается от обратного только названием.

Например:

румб линии **BC** равен $r_{BC} = \text{СВ}: 68^\circ$, а линии **CB** – $r_{CB} = \text{ЮЗ}: 68^\circ$.

При вычислении в геодезии дирекционных углов линий используют зависимость между дирекционными и горизонтальными углами сторон хода (рис.20). Сущность решения заключается в следующем. По известному дирекционному стороне **AB** и горизонтальным углам $\beta_{П}$ и $\beta_{Л}$ вычисляют дирекционный стороне **BC**.

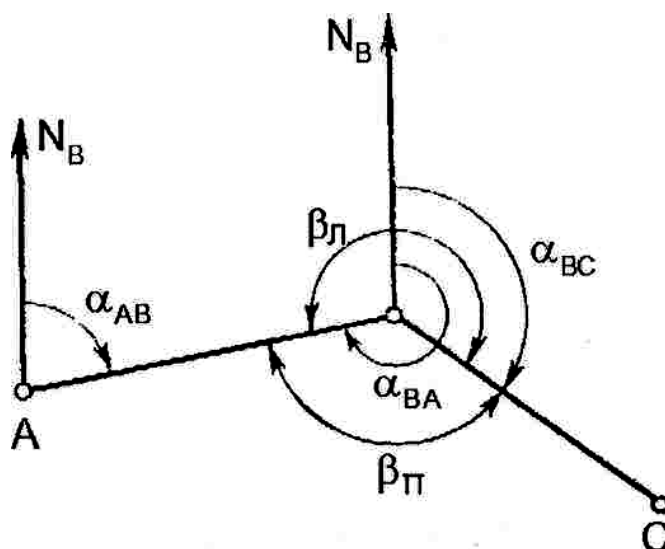


Рис. 20. Зависимость между углами хода и дирекционными углами сторон хода

При измеренных правых углах дирекционный последующей стороны вычисляют по формуле

$$\alpha_{BC} = \alpha_{AB} - \beta_{\text{П}} + 180^\circ, \quad (9)$$

и при левых

$$\alpha_{BC} = \alpha_{AB} + \beta_{\text{Л}} - 180^\circ. \quad (10)$$

Дирекционные углы на картах измеряют и строят геодезическим транспортиром ТГ – А с ценой деления $30'$, с оценкой деления транспортира на глаз и округлением до $5'$. При измерении угла центральную метку (ноль прямолинейной шкалы) совмещают с вершиной угла, а нулевой диаметр (0° и 180°) должен находиться на линии (осевом меридиане). При этом возможны следующие случаи:

- если угол меньше 180° , то измерение ведут от осевого меридиана до направления сторон;
- если угол больше 180° , тогда измеряют угол между продолжением сторон треугольника или его дополнением до 180° ;
- при сторонах измеряемого угла меньше радиуса транспортира, их следует удлинить выверенной линейкой.

Задание:

1. Измерить транспортиром дирекционные углы линий **AB**, **BC** и **CA**.
2. Вычислить румбы линий.
3. Вычислить обратные дирекционные углы линий.
4. Вычислить истинные и магнитные азимуты линий. Значения сближения и склонения меридианов даны на схеме под южной рамкой карты.
5. Полученные результаты занести в таблицу приложения Б.

8. ПРОВЕДЕНИЕ ЛИНИИ ЗАДАННОГО УКЛОНА

Требуется провести между точками M и D (рис. 21) кратчайшую линию с заданным уклоном i_0 .

Подставив в формулу (4) значение h , равное высоте сечения рельефа данной карты и заданный уклон i_0 , вычисляют заложение d . Взяв циркулем в масштабе карты вычисленное расстояние d , засекают этим радиусом из точки M следующую горизонталь в точке a_1 . Из этой точки тем же радиусом засекают точку a_2 и т. д. Таким образом получают ломаную линию, уклон которой не превышает заданного уклона i_0 . Для получения оптимального по длине варианта строят линии по другим направлениям.

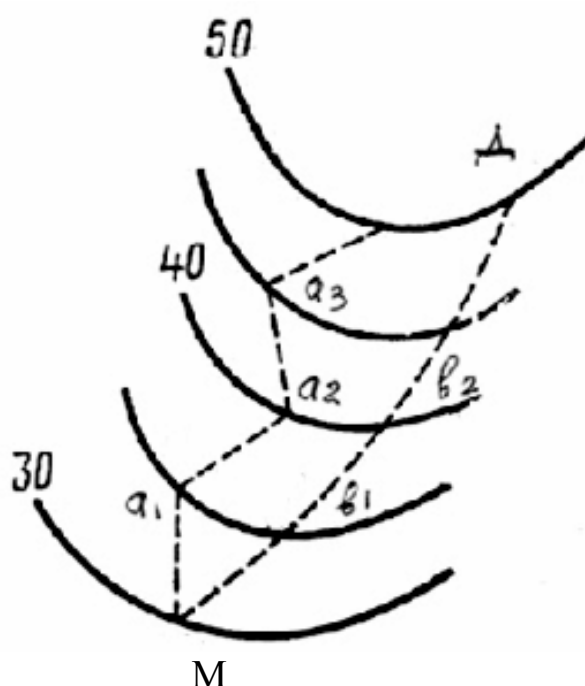


Рис. 21. Проведение линии заданного уклона

Например:

Из точки M (рис. 21) засекают точку b_1 , затем b_2 и т. д. Из двух вариантов выбирают наиболее короткий.

Если расстояние между горизонталями превышает величину заложения d , то уклон линии, проведенной между ними, меньше заданного i_0 . В этом случае выбирают кратчайшее направление на заданную точку.

9. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦЫ ВОДОСБОРНОЙ ПЛОЩАДИ

Площадь, с которой вода атмосферных осадков собирается в данный водоем (озеро, река, пруд), называют *водосборной*. Границей водосборной площади служат *водораздельные линии*, разделяющие площади, с которых талая и дождевая вода будет стекать в водоприемники.

Для проведения водораздельных линий выявляют характерные формы рельефа – возвышенности, седловины. Руководствуясь свойствами рельефа – направление водоразделов всегда проходит перпендикулярно горизонталям через точки их перегибов, на горизонталях (возвышенных местах) намечают точки выраженных перегибов и соединяют их плавной линией, направленной перпендикулярно к каждой горизонтали.

Границы водосборной площади проходят по водораздельным линиям хребтов, через вершины гор и середины седловин.

Определим водосборную площадь, с которой поверхностные воды стекают к заданной точке **P** (рис. 22). В соответствии со свойствами изображения рельефа оси заданной точки проводят кривую линию, перпендикулярную к горизонталям до высоты 161,8 м. Аналогично проводят границу водосбора от точки **P** к высоте 163,4 м.

Между высотами 161,8 и 163,4 граница водосборной площади пройдет по середине.

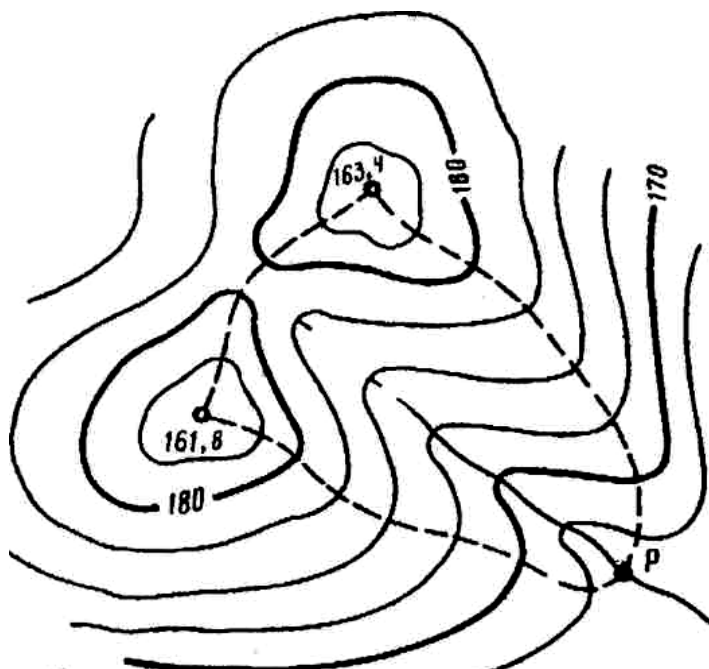


Рис. 22. Построение границы водосборной площади

Задание:

1. Построить границу водосборной площади к заданной точке **P**.

10. РЕШЕНИЕ ПРЯМОЙ И ОБРАТНОЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Геодезическая прямая задача – по координатам одной точки, дирекционному углу и горизонтальному проложению находятся координаты второй точки.

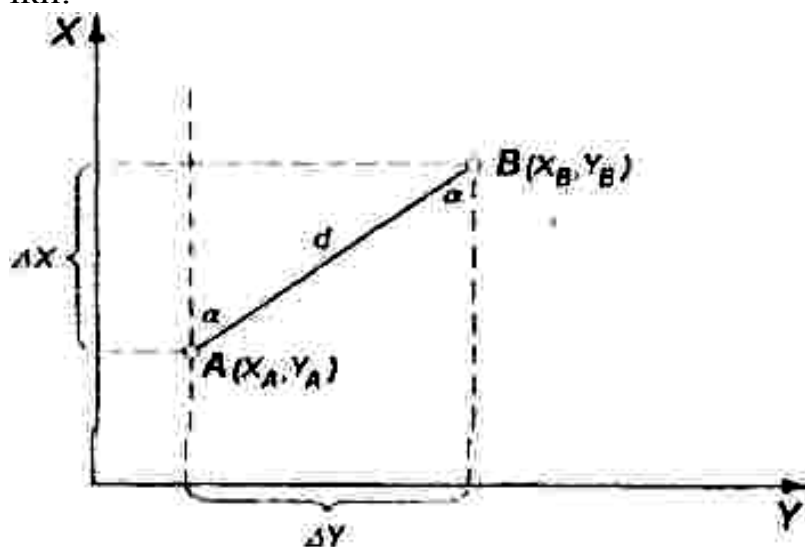


Рис. 23. Прямая и обратная геодезические задачи

Даны координаты X_A , Y_A точки *A*, дирекционный угол α_{AB} и расстояние d_{AB} между этими точками. Требуется найти координаты X_B , Y_B точки *B*. Из рис.23 следует, что координаты точки *B* равны

$$\begin{aligned} X_B &= X_A + \Delta X_{AB}; \\ Y_B &= Y_A + \Delta Y_{AB}, \end{aligned} \quad (11)$$

где

$$\begin{aligned} \Delta X_{AB} &= X_B - X_A; \\ \Delta Y_{AB} &= Y_B - Y_A. \end{aligned} \quad (12)$$

Разности ΔX_{AB} и ΔY_{AB} называются *приращением координат* и вычисляются по формулам

$$\Delta X_{AB} = d_{AB} \cdot \cos \alpha_{AB}, \quad (13)$$

$$\Delta Y_{AB} = d_{AB} \cdot \sin \alpha_{AB}. \quad (14)$$

Знаки приращений координат зависят от величины значения дирекционного угла.

Пример:

Длина линии *d* равна 1,095 км, угол α равен $85^\circ 33,0'$, а координаты точки *A* равны $X_A = 6065,251$ км и $Y_A = 4311,975$ км.

По формуле (11) найдем:

$$X_B = 6065,251 + 1,095 \cos 85^\circ 33' = 6065,251 + (-0,085) = 6065,166;$$

$$Y_B = 4311,975 + 1,095 \sin 85^\circ 33' = 4311,975 + 1,092 = 4313,067.$$

Задание 1.

Вычислить координаты точки **B** линии **AB**. Исходные координаты точки **A**, длину линии **d_{AB}** и дирекционный угол **α_{AB}** взять из таблиц приложения Б. Вычисленные значения координат точки **B** сравнить с определенными по карте. Результаты вычислений поместить в соответствующей графе приложения Б.

Геодетическая обратная задача – по известным координатам двух точек требуется найти дирекционный угол и горизонтальное проложение линии.

Даны прямоугольные координаты двух точек **A** (**x_A**, **y_A**) и **B** (**x_B**, **y_B**). Из рисунка 23 следует, что румб линии **AB** равен

$$r = \arctg \frac{\Delta y_{AB}}{\Delta x_{AB}}, \quad (15)$$

где Δx_{AB} , Δy_{AB} – приращение координат.

Для вычисления дирекционного угла **α_{AB}**, по знакам приращения координат определяют название четверти (румба). Зная румб, используя таблицу 2, вычисляют дирекционный угол.

Для вычисления горизонтального проложения применяют формулы:

$$d = \sqrt{\Delta x_{AB}^2 + \Delta y_{AB}^2} \quad (16)$$

или

$$d = \frac{\Delta x_{AB}}{\cos \alpha_{AB}} = \frac{\Delta y_{AB}}{\sin \alpha_{AB}}. \quad (17)$$

Правильность определения дирекционного угла проверяется по чертежу или решением прямой задачи.

Пример: координаты точек **A** и **B** равны

$$X_A = 6065,251 \text{ км};$$

$$X_B = 6065,166 \text{ км},$$

$$Y_A = 4311,975 \text{ км};$$

$$Y_B = 4313,067 \text{ км}.$$

Вычислим приращение координат:

$$\Delta x_{AB} = X_B - X_A = -0,085;$$

$$\Delta y_{AB} = Y_B - Y_A = 1,092.$$

Определим величину румба

$$\arctg \frac{1,092}{0,085} = 85^\circ 33,0'$$

По знакам приращений координат – Δx_{AB} и $+\Delta y_{AB}$ из таблицы 2 видно, что направление **AB** находится во второй четверти, и дирекционный угол равен **α = 94°27,0'**.

Находим длину линии **d = 1,095 км**.

Задание 2

Определить дирекционный угол и длину линии AB треугольника ABC (данного на карте). Вычисления выполнить в таблице, полученные данные сравнить с определенными на карте. Данные занести в приложение Б.

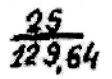
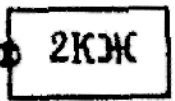
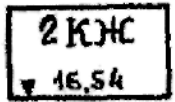
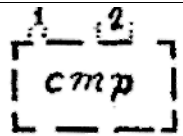
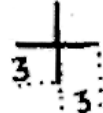
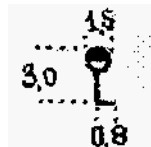
Решение обратной задачи

Обозначения	Значения величин
$\frac{X_B}{X_A}$	
ΔX_{AB}	
$\frac{Y_B}{Y_A}$	
ΔY_{AB}	
r	
α	
d	

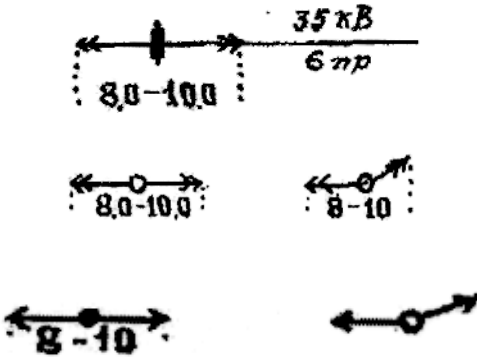
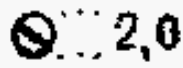
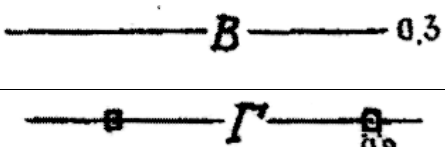
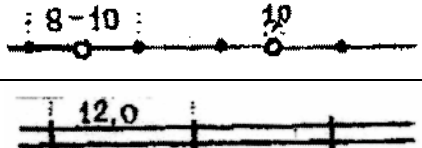
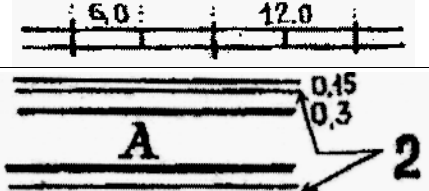
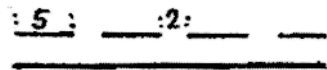
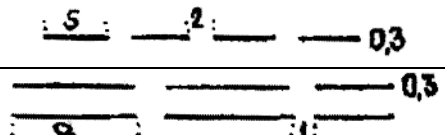
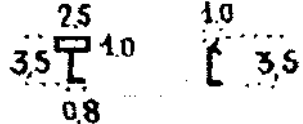
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Киселев, М. И. Геодезия : учебник / М. И. Киселев, Д. Ш. Михеев. – М. : Издательский центр «Академия», 2008. – 384 с.
2. Колмаков, Ю. А. Геодезические измерения : учебное пособие / Ю. А. Колмаков. – Ульяновск : УлГТУ, 2003. – 195 с.
3. Колмаков, Ю. А. Инженерная геодезия : учебно-методический комплекс / Ю. А. Колмаков. – Ульяновск : УлГТУ, 2006. – 208 с.
4. Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500. – М. : Картгеоцентр. – Геодезиздат, 2000. – 286 с.

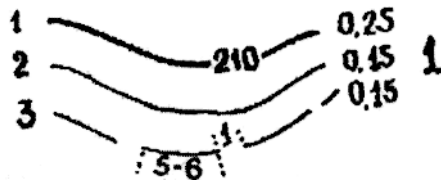
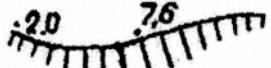
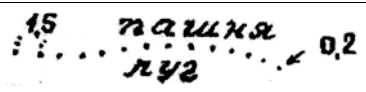
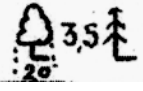
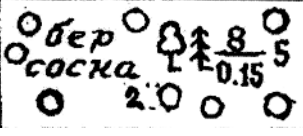
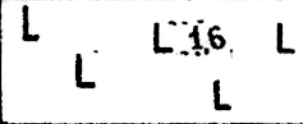
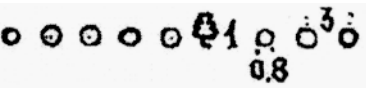
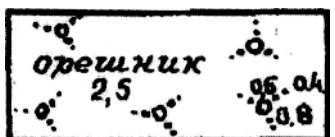
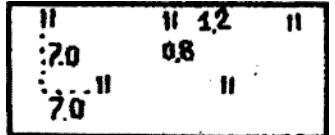
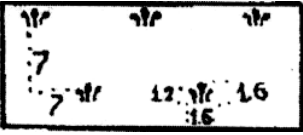
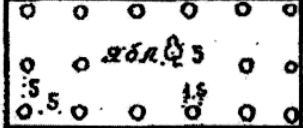
Избранные условные знаки для масштабов 1:1000, 1:500

Название и характеристика топографических объектов		Условные знаки (размеры даны в мм)
1		2
1	Пункты государственной геодезической сети (название пункта, отметка центра)	<i>Искра</i>  257,02
2	Пункты геодезических сетей сгущения и их номера	58  326,53
3	Точки плановых съемочных сетей: а) дол- говременные; б) временного закрепления на местности	а) 19  195,61 б) 18  210,5
4	Пункты закрепления разбивочной сетки для строительства и осей зданий	35 85  224,53
5	Столбы закрепления проекта планировки и их номера	 83
6	Знаки нивелирные: – реперы грунтовые – реперы и марки стенные	5  349,60  
7	Строения жилые огнестойкие (кирпич- ные, каменные, бетонные, отметка пола первого этажа)	
8	Здания строящиеся	
9	Пересечение координатных линий	
10	Разработка твердых полезных иско- паемых открытые (карьеры)	
11	Бензоколонки	

Приложение А (продолжение)

1		2
12	Линии электропередачи (ЛЭП): – ЛЭП высокого напряжения на металлических фермах – ЛЭП высокого напряжения на столбах – ЛЭП низкого напряжения на столбах	
13	Колодцы смотровые (люки) подземных коммуникаций	
14	Трубопроводы наземные – на грунте (буква – назначение трубопроводов) – на опорах	
15	Линии связи Железные дороги	
16	Трамвайные линии Автомобильные дороги с покрытием (шоссе)	
17	Дороги грунтовые	
18	Тропы пешеходные Дороги строящиеся с покрытием	
19	Дорожные знаки, указатели дорог	
	Источники естественные (ключи, родники) – необорудованные – ручьи с мостом	

Приложение А (продолжение)

	1	2
20	Горизонтالي: 1) основные утолщенные; 2) основные; 3) дополнительные	
21	Обрывы	
22	Овраги	
23	Контурсы растительности, с.-х. угодий	
24	Деревья отдельно стоящие ориентированно-го значения	
25	Леса естественные высокоствольные с характеристикой в числителе – средняя высота в м, в знаменателе – средняя толщина стволов в м; справа – среднее расстояние между деревьями в м	
26	Участки леса вырубленные	
27	Полосы древесных насаждений шириной менее 2 мм в масштабе плана	
28	Кустарники: заросли	
29	Растительность травяная, луговая	
	Заросли камышовые и тростниковые	
30	Сады фруктовые	

Приложение А (окончание)

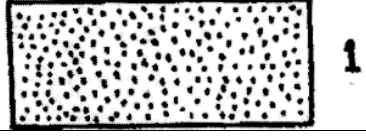
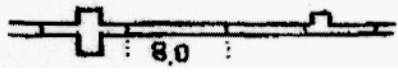
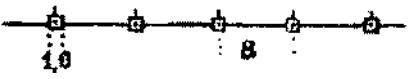
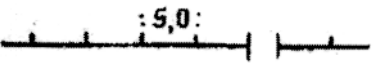
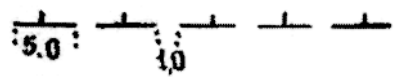
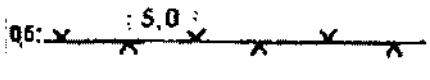
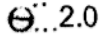
1		2
31	Редколесье на заболоченном лугу	
	Болота проходимые	
	Пески ровные	
	Ограды каменные и ж.-б. высотой 1 м и более	
32	Ограды металлические высотой 1 м и более	
	Заборы деревянные: сплошные с воротами	
	Из штакетника	
33	Ограждения из проволоочной сетки	
34	Колодцы смотровые на водопроводах	
	На канализационных сетях	
	На теплосетях	
	На электрокабелях	
	На кабелях связи	
Примечание: 1 – условные знаки вычерчивать коричневым цветом; 2 – зеленый цвет.		

Схема расположения задач по РГР № 1

ПРОДОЛЬНЫЙ ПРОФИЛЬ	ПОПЕРЕЧНЫЙ МАСШТАБ								
	ТОЧНОСТЬ МАСШТАБОВ								
	Масштаб численный	1:500	1:1000	1:2000	1:5000	1:10 000	1:25 000		
	Масштаб пояснительный	1м-5м							
	Точность масштаба	0,05м							
УСЛОВНЫЕ ЗНАКИ	ДЛИНЫ ЛИНИЙ И ОРИЕНТИРНЫЕ УГЛЫ								
		d_м	α	г	α_{обр}	А	А_м		
	AB								
	BC								
	CA								
ПРЯМАЯ И ОБРАТНАЯ ЗАДАЧИ	КООРДИНАТЫ			ГРАФИКИ ЗАЛОЖЕНИЙ					
		X	Y	ДЛЯ УКЛОНОВ		ДЛЯ УГЛОВ НАКЛОНА			
	A								
	C								
	B								
	H_B								
	H₁								
	H₂								
	H₃								
	КАФЕДРА СПМ	Ф.И.О.	ДАТА	ПОДПИСЬ	РГР№1				
	Разработал				РАБОТА С КАРТОЙ				
	Проверил								
	Принял				УлГТУ				

Учебное издание

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПО ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ КАРТЕ

Методические указания

Составители: КОЛМАКОВ Юрий Андреевич,
КОСТРОМИН Виктор Иванович.

Редактор Н. А. Евдокимова

Подписано в печать 28.06.2010. Формат 60×84/16.
Усл. печ. л. 2,09. Тираж 100 экз. Заказ 000.

Ульяновский государственный технический университет
432027, Ульяновск, Сев. Венец, 32.
Типография УлГТУ, 432027, Ульяновск, Сев. Венец, 32.