



УДК 528.915

Составитель: Пшеничная Н.Н., старший преподаватель кафедры землеустройства.

Решение задач по топографической карте: методические указания к выполнению лабораторной и расчетно-графической работ по дисциплине «Геодезия» для студентов 1 курса направлений подготовки

21.03.02 Землеустройство и кадастры, 20.03.02 Природообустройство и водопользование, 35.03.03 Агрехимия и агропочвоведение / сост. Н.Н. Пшеничная. –2-е изд. перераб.; ФГБОУ ВО ПГСХА. – Уссурийск, 2021. – 37 с.

*Методические указания подготовлены в соответствии с учебными программами для студентов очного и заочного обучения направлений подготовки 21.03.02 Землеустройство и кадастры, 20.03.02*

*Природообустройство и водопользование, 35.03.03 Агрехимия и агропочвоведение*

Рецензент: Макеев Д.В., начальник отдела информационной системы обеспечения градостроительной деятельности администрации Уссурийского городского округа

Издается по решению методического совета ФГБОУ ВО «Приморская государственная сельскохозяйственная

академия»

## **ВВЕДЕНИЕ**

Методические указания предназначены для студентов направлений подготовки 21.03.02 Землеустройство и кадастры, 20.03.02 Природообустройство и водопользование, 35.03.03 Агрохимия и агропочвоведение. В методических указаниях 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.

К рассматриваемым вопросам относятся: изучение масштабов, 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.

Методические указания составлены с использованием «Практикума по геодезии» под редакцией Г.Г. Поклада.

*Цель работы:* научиться читать топографическую карту (т. е. получать правильное представление о рельефе местности, гидрографии, населенных пунктах, путях сообщения, растительном покрове, естественных и сельскохозяйственных угодьях и т. п. по их изображению в

условных знаках), решать по карте (плану) конкретные инженерно-геодезические задачи.

В соответствии с этим при выполнении задания студенту следует решить по карте (плану) следующие инженерно-геодезические задачи:

1. Определение горизонтальных проложений линий с помощью масштабов.
2. Определение геодезических и прямоугольных координат точек.
3. Определение истинных и магнитных азимутов и дирекционных углов направлений.
4. Решение прямой и обратной геодезических задач на координаты.
5. Определение отметок точек по горизонталям.
6. Определение уклона и крутизны ската по горизонталям.
7. Проектирование трассы с заданным уклоном.
8. Построение профиля местности по заданному направлению;
9. Определение границ водосборной площади.

Выполнение работы предусматривает обязательное изучение соответствующих разделов учебной литературы:

*Клюшин Е.Б., Киселев М.И., Михелев Д.Ш., Фельдман В.Д.* Геодезия: учебник для студ. учреждений высш. проф. образования. М.: Академия, 2012. Гл. 3, 4.

*Маслов А.В., Гордеев А.В., Батраков Ю.Г.* Геодезия: учебник для вузов. М.: КолосС, 2006. Гл. 1 (1.8-1.17).

*Поклад Г.Г., Гриднев С.П.* Геодезия: учебное пособие. М.: Академический Проект, 2008. § 8 — 20, 22 — 27.

Условные знаки для топографической карты масштаба 1:10 000. М.: Недра, 1977.

Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500. М.: Недра, 1989.

Начиная работу с картой, студент должен ознакомиться с зарамочным оформлением, номенклатурой, масштабом

карты, оцифровкой градусной и километровой сеток, схемой, поясняющей взаимное

расположении е истинного, магнитного и осевого меридианов, и сведениями о карте.

В процессе выполнения студентом расчетно-графической работы все результаты измерений, графических построений и расчетов должны быть аккуратно оформлены в рабочей тетради. При решении задач, связанных с графическими построениями, необходимые данные с карты (плана) копируют на кальку, на которой выполняют все последующие действия.

### **Задание 1. Определение горизонтальных расстояний с помощью масштабов**

*Задача:* познакомиться с видами основных масштабов и решить с их помощью практические задачи с оценкой точности линейных построений и определений.

*Принадлежности:* карта масштабов 1:10 000 или 1:25 000, циркуль- измеритель, масштабная линейка.

*Исходные данные:* на учебной карте задано четыре точки (1, 2, 3, 4).

На картах и планах участки местности изображаются в уменьшенном виде. Степень уменьшения называется **масштабом** и выражается отношением длины отрезка на плане или карте ( $s_{пл}$ ) к горизонтальной проекции линии на местности ( $s_{мест}$ ), т.е.  $\frac{s_{пл}}{s_{мест}}$  - масштаб.

Масштабы бывают численные и графические.

**Численный масштаб** выражается в виде аликвотной дроби, числитель которой равен единице, а в знаменателе – число,



показывающее во сколько раз горизонтальные проекции  
линии местности уменьшены на плане или карте

$$\frac{s_{пл}}{s_{мест}} = \frac{1}{s_{мест} \cdot s_{пл}} = \frac{1}{M}, \quad (1)$$

где  $M$  - знаменатель численного масштаба.

В геодезической и землеустроительной практике наиболее часто применяются следующие масштабы: 1:500, 1:1000, 1:2000, 1:5000 – для планов и 1:10 000, 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000 и мельче – для топографических карт.

На планах и картах под значением численного масштаба указывают именованный (пояснительный) масштаб в виде «в 1 сантиметре 10 метров» (для масштаба 1:1000).

С помощью масштабов решают две основные задачи:

1. Определение горизонтальной проекции линии местности по длине отрезка на плане масштаба 1: $M$  по формуле

$$s_{\text{мест}} = s_{\text{пл}} \cdot M.$$

2. Определение длины отрезка на плане масштаба 1: $M$ , соответствующего горизонтальной проекции измеренной линии местности, по формуле

$$s_{\text{пл}} = \frac{s_{\text{мест}}}{M}$$

При решении этих задач используют специальные графические построения: линейный и поперечный (трансверсальный) масштабы. Обычно как линейный, так и поперечный масштабы имеют основание  $a = 2$  см.

*Линейный масштаб* — графическое изображение численного масштаба в виде прямой линии с делениями для отсчета расстояний (рис. 1, а).

Крайний левый отрезок делят на 10 равных частей и на

правом его конце ставят 0, а на левом — число метров, которое на плане соответствует основанию в заданном масштабе. Вправо от нулевого деления подписывают значения соответствующих расстояний. В правом конце линейного масштаба ставят размерность. При работе с этим масштабом десятые доли малого деления оценивают на глаз.

Расстояние на приведенном линейном масштабе равно 184,8 м.

*Поперечный масштаб* является разновидностью линейного масштаба и отличается от предыдущего более высокой точностью определения расстояний за счет применения трансверсалей («косых линий», рис. 1, б).

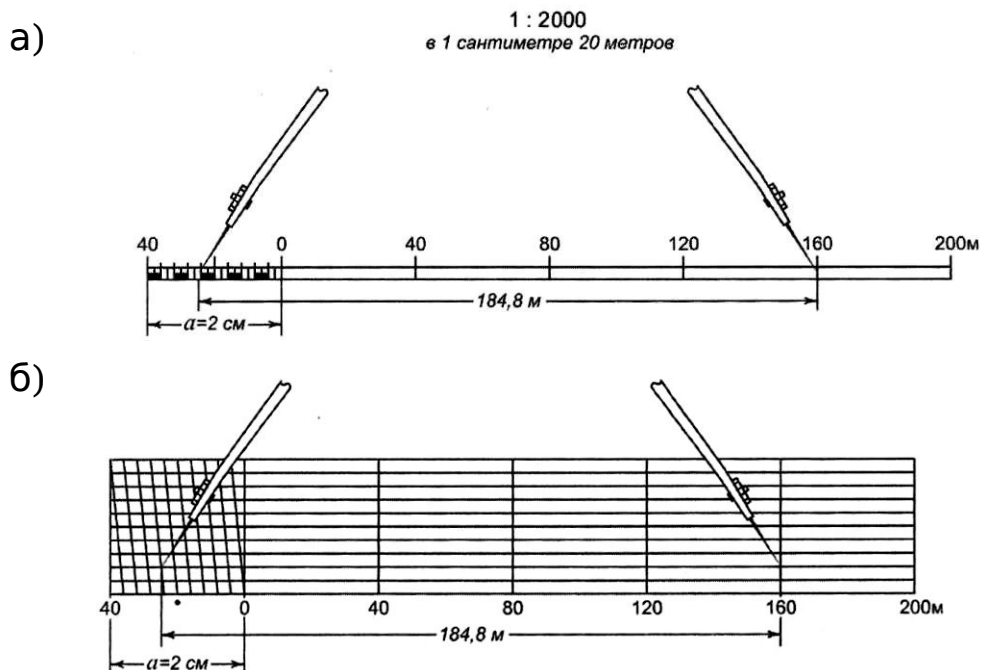


Рисунок 1. Масштабы: а – линейный; б - поперечный

На горизонтальной прямой несколько раз откладывают основание масштаба, равное 2 см. Из концов отложенных отрезков восставляют к прямой перпендикуляры равной длины (обычно по 2,5 см). Крайние из них делят на 10 равных частей, и соответствующие точки соединяют прямыми линиями. Затем крайнее левое основание и противолежащий ему верхний отрезок делят на 10 частей, и точки деления соединяют наклонными линиями (трансверсалими).

Такой поперечный масштаб называют нормальным сотенным масштабом, так как наименьшее деление масштаба (наименьший отрезок между перпендикуляром и

трансверсалью) составляет 0,01 основания масштаба, т. е. 0,2 мм. Оцифровку делений поперечного масштаба выполняют по аналогии с линейным.

При работе с поперечным масштабом нужно следить, чтобы иголки обеих ножек циркуля-измерителя располагались на одной горизонтальной линии масштаба либо посередине между одноименными горизонтальными линиями.

Расстояние, показанное на поперечном масштабе (см. рис. 3, б), равно 184,8 м. Оно складывается из трех частей: целого числа оснований (40 м x 4 = 160 м), десятых долей основания масштаба (4 м x 6 = 24 м) и сотых долей основания (вверх по трансверсали 0,4 м x 2 = 0,8 м).

При решении задач с использованием графических масштабов принимают, что практически длина отрезка на плане может быть оценена с точностью до 0,2 мм. Горизонтальное расстояние на местности, соответствующее 0,2 мм (0,02 см) на плане данного масштаба, называется *графической точностью масштаба*, т. е.

$$t_{\text{граф}} = \frac{0,02 \text{ см} \cdot M}{10}, \text{ м} \quad (2)$$

### Содержание задания

1. Выразить в форме именованного масштаба численные масштабы, наиболее часто применяемые на практике, и указать их графическую точность. Данные представить в виде таблицы.

Таблица 1 – Масштабы и их точность

Численный масштаб	Именованный масштаб	Графическая точность
1:100	в 1 см – 1 м	0,2 м

1:2500	в 1 см – 25 м	0,5 м
1:100 000	в 1 см – 1000 м	20 м

Для масштаба 1:100 графическая точность определится как

$$t_{\text{граф}} = \frac{0,02\text{см} \cdot 100}{\text{м}} = 0,02$$

2. Определить с помощью линейного масштаба, приведенного на листе карты (см. рис. 2) и металлического поперечного масштаба отрезки 1-2, 2-3, 3-4, 4-1 заданные на топографической карте. Данные занести в таблицу 2. Разность между длинами линий, измеренными по разным масштабам не должна превышать 0,001 основания масштаба.

Таблица 2 – Определение длин линий местности по карте

Наименование отрезков	Длины линий в м, определенные по масштабам		Разность, м
	линейному	поперечному	
1-2	1095	1090	5
2-3	1435	1428	7
3-4	709	704	5
4-1	1430	1428	2

*Примечание:* вычисленные длины линий будут использованы в последующих заданиях.

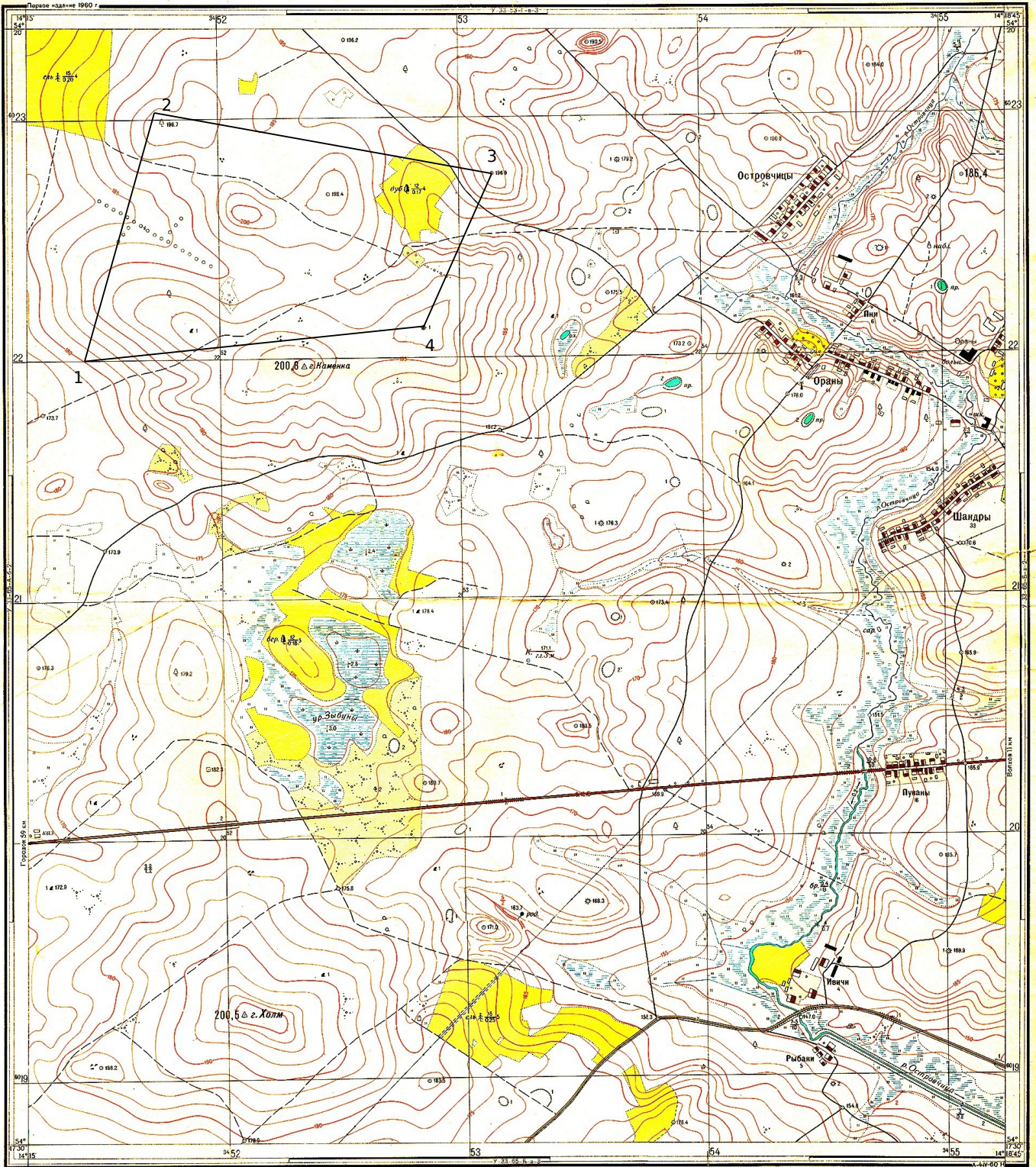
Задание на самостоятельную работу

1. Вычертить карандашом на чертежной бумаге изображения линейного и поперечного масштабов; оцифровать их в соответствии с масштабом 1:25 000.

2. На изображенных линейном и поперечном масштабах 1:25 000 показать измеренные на карте длины линий 1-2, 2-3, ... и т. д. (см. табл. 2).



*Примечание:* задание на самостоятельную работу выполняется в обязательном порядке и оценивается при проверке рабочих тетрадей.



Склонение на 1959 г. восточное 0°45' (0-10). Среднее отклонение меридианов западное 0°35' (0-10). При приращении буссоли или компаса и вертикальным линиям координатной сетки среднее отклонение магнитной стрелы восточное 1°20' (0-22). Годовое изменение системные восточное 0°02' (0-01). Примечание: в скобках показаны деления угломера (одно деление угломера = 30).



Аэрофотогосударственная съемка 1958 г. (комбинированный метод).  
Подготовлено и издано в 1959 г.  
Отпечатано в 1960 г.

Сликава Валериано О.В.



Рисунок 2. Учебная карта масштаба 1:10 000

## Задание 2. Определение координат точек по карте

*Задача:* научиться определять геодезические и прямоугольные координаты точек по карте.

*Принадлежности:* карта, масштабная линейка, циркуль-измеритель, микрокалькулятор.

*Исходные данные:* на карте (см. рис. 2) задано четыре точки (1, 2, 3, 4).

### 2.1 Определение геодезических координат точек

Крупномасштабные и мелкомасштабные карты издаются отдельными листами, ограниченными в зависимости от масштаба определенными размерами по широте и долготе. Северная и южная линии *внутренней рамки* листа карты являются параллелями, а западная и восточная — меридианами (см. рис. 2). В углах внутренней рамки листа карты указывают их широты и долготы.

Между внутренней и внешней (оформительской) рамками листа карты имеется градусная рамка в виде двойной линии, разделенной по широте и долготе на интервалы, кратные 1'. Минутные интервалы выделяются попеременно черным и белым цветами.

Используя разграфку градусной рамки на листе карты, можно вычертить градусную сетку (сеть меридианов и параллелей), позволяющую определить геодезические координаты точек карты – широту и долготу.

*Геодезической широтой В точки* называется угол,

образованный нормалью к поверхности эллипсоида в данной точке и плоскостью экватора. Широта измеряется дугой меридиана от экватора до данной точки.

*Геодезической долготой  $L$  точки* называется двугранный угол, составленный плоскостями начального (Гринвичского) меридиана и геодезического меридиана данной точки. Долгота измеряется дугой

экватора (или параллели) от Гринвичского меридиана до меридиана данной точки.

Геодезические координаты точки В и L определяют относительно ближайших меридианов и параллелей, проведенных через одноименные минутные (сплошные заливные и двойные линии) или десятисекундные (показаны точками) деления градусной рамки. Из заданной точки опускают перпендикуляры на ближайшие линии меридиана с долготой  $L_0$  и параллели с широтой  $B_0$  и с учетом их масштабов определяют приращения  $\Delta L$  и  $\Delta B$ .

Широту и долготу выражают в градусной мере.

Для определения  $\Delta L''$  и  $\Delta B''$  измеряют линейные отрезки  $\Delta l$  и  $\Delta b$  (с точностью до десятых долей миллиметра), а по градусной рамке - длины минутных (или 10-секундных) интервалов  $l$  и  $b$  (см. рисунок 2). Тогда приращения геодезических координат в градусной мере будут равны

$$\Delta B'' = \frac{\Delta b \cdot n}{b}, \quad \Delta L'' = \frac{\Delta l \cdot n}{l}, \quad (3)$$

где  $n$  - длины 10-секундных (или минутных) интервалов  $b$  и  $l$

Геодезические координаты точки 1 будут

$$B_1 = B_0 + \Delta B''; \quad L_1 = L_0 + \Delta L''. \quad (4)$$

При расчетах координат по формулам (4) следует особо обращать внимание на знаки приращений координат  $\Delta L''$  и  $\Delta B''$ .

*Пример.* Ближайшие к точке 1 северная параллель и западный меридиан (см. рисунок 2) имеют координаты  $B_0 = 54^\circ 19'$  и  $L_0 = 14^\circ 15'$ . Длины минутных интервалов по широте  $b = 186$  мм и по долготе

$l = 109$  мм; измеренные в линейной мере

приращения координат

$$\Delta b = +47 \text{ мм}, \Delta l = +24$$

мм. Согласно  
формулам (3),

$$\Delta B'' = \frac{+47 \text{ мм} \cdot 60''}{186 \text{ мм}} = +15''; \quad \Delta L'' = \frac{+24 \text{ мм} \cdot 60''}{109 \text{ мм}} = +13''$$

Тогда

$$B_1 = 54^{\circ}19' + 15'' = 54^{\circ}19' 15'' ; \quad L_1 = 14^{\circ}15' + 13'' = 14^{\circ}15' 13'' .$$

Для контроля повторно определяют приращения координат относительно линий южной параллели и восточного меридиана. Расхождения между результатами двух определений координат не должны превышать 0,2".

## 2.2 Определение прямоугольных координат точек

Прямоугольные координаты точек  $x$ ,  $y$  определяют с помощью координатной (километровой) сетки карты, представляющей собой сеть линий, параллельных осевому меридиану зоны (оси  $Ox$ ) и изображению экватора на плоскости проекции (оси  $Oy$ ). Подписи горизонтальных линий соответствуют расстоянию в километрах от экватора, а вертикальных — их преобразованным (приведенным) ординатам (первая цифра обозначает номер зоны, а последующие — истинную ординату линии плюс 500 км).

Для определения прямоугольных координат заданной точки сначала находят координаты  $x_0$ ,  $y_0$  одного из углов квадрата километровой сетки, в котором находится эта точка. Из заданной точки опускают перпендикуляры на стороны квадрата и циркулем-измерителем измеряют их длины. Используя линейный масштаб, размещенный за оформительской рамкой в южной части листа карты, определяют приращения координат  $\Delta x$  и  $\Delta y$ .

Координаты заданной точки:

$$x = x_0 + \Delta x ; \quad y = y_0 + \Delta y. \quad (5)$$

*Пример.* Заданная точка 4 (см. рис. 2) расположена в



квадрате, юго-восточный угол которого имеет координаты:  $x_0 = 6022,000$  км,  $y_0 = 3453,000$  км. Измеренные с учетом масштаба карты приращения координат составили:

$$\Delta x = +126 \text{ м} = +0,126 \text{ км};$$

$$\Delta y = -150 \text{ м} = -0,150$$

км. Согласно

формуле (5),

$$x = 6022,000 + 0,126 = 6022,126 \text{ км};$$

$$y = 3453,000 - 0,150 = 3452,850 \text{ км}.$$

Для контроля повторно находят приращения координат и координаты точки относительно другого угла квадрата километровой сетки. Расхождения в значениях соответствующих координат по результатам двух определений не должны превышать двойного значения графической точности масштаба карты.

#### Содержание задания

1. Определить геодезические и прямоугольные координаты точек 1, 2, 3, 4. Полученные данные представить в таблицах 3 и 4.

Таблица 3 – Геодезические координаты точек

№ точки	Геодезические координаты, град., мин., сек.					
	B <sub>0</sub>	ΔB	B <sub>1</sub>	L <sub>0</sub>	ΔL	L <sub>1</sub>
1	54°19'00 "	0°00'15 "	54°19'1 5"	14°15'0 0"	0°00'13 "	14°15'1 3"
2	54°19'00 "	0°00'49 "	54°19'4 9"	14°15'0 0"	0°00'30 "	14°15'3 0"
3	54°19'00 "	0°00'40 "	54°19'4 0"	14°16'0 0"	0°00'47 "	14°16'4 7"
4	54°19'00 "	0°00'20 "	54°19'2 0"	14°16'0 0"	0°00'31 "	14°16'3 1"

Таблица 4 – Прямоугольные координаты точек

№ точки	Прямоугольные
---------	---------------

	координаты, км					
	$x_0$	$\Delta x$	$x$	$y_0$	$\Delta y$	$y$
1	6022,00 0	0	6022,00 0	3452,00 0	-0,564	3451,43 6
2	6023,00 0	+0,044	6023,04 4	3452,00 0	-0,260	3451,74 0
3	6023,00 0	-0,238	6022,76 2	3453,00 0	+0,13 8	3453,13 8
4	6022,00 0	+0,126	6022,12 6	3453,00 0	-0,150	3452,85 0

2. Рассчитать истинные (действительные) ординаты точек 1, 2, 3, 4. Определить номер и часть (восточная или западная) зоны, в которой находятся указанные точки, и долготу осевого меридиана. Данные поместить в таблицу 5.

Таблица 5 – Положение точек в зоне

№ точки	Номер зоны	Часть зоны	Истинная ордината точки, км	Долгота осевого меридиана
1	3	Z	-45,564	15°
2	3	Z	-48,260	15°
3	3	Z	-46,862	15°
4	3	Z	-47,150	15°

### Задание 3. Определение ориентирных углов направлений по карте

*Задача:* научиться определять азимуты и дирекционные углы направлений по карте и устанавливать связи

между ними.

*Принадлежности:* карта, геодезический транспортир.

*Исходные данные:* на учебной карте заданы направления между точками 1, 2, 3, 4.

#### Содержание задания

1. Определить по карте истинный и магнитный азимуты, дирекционные углы и румбы линий 1-2, 2-3, 3-4, 4-1.

2. Рассчитать величину сближения меридианов и сравнить ее с заданным на карте значением.

3. Вычислить дирекционные углы сторон 1-2, 2-3, 3-4, 4-1 по

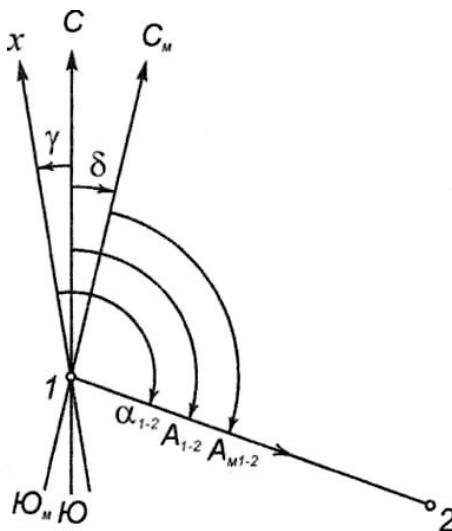
измеренным горизонтальным углам между линиями; сравнить вычисленные и измеренные дирекционные углы сторон.

4. Сориентировать карту на местности по компасу (буссоли).

### **3.1 Определение ориентирных углов направлений**

*Ориентировать линию* — значит найти ее направление относительно другого направления, принимаемого за исходное. Горизонтальный угол между исходным направлением и ориентируемой линией называется *ориентирным углом*.

В качестве исходных принимают направления истинного (географического) меридиана, магнитного меридиана, осевого меридиана, (т. е. оси  $Ox$  зональной системы прямоугольных координат либо линии, ей параллельной, проходящей через заданную точку). В зависимости от выбранного исходного направления ориентирным углом может быть истинный азимут  $A$ , магнитный азимут  $A_m$ ,



дирекционный угол  $\alpha$  (или румб  $r$ ) (рис. 3).

Рисунок 3. Исходные направления и ориентирные углы направления 1-2

*Истинный азимут  $A$*  данного направления 1-2 — горизонтальный угол, отсчитываемый по ходу часовой стрелки от северного направления истинного меридиана, исходящего из заданной точки 1, до данного направления.

*Магнитный азимут  $A_m$*  данного направления 1-2 —

горизонтальный угол, отсчитываемый по ходу часовой стрелки от северного

направления магнитного меридиана, исходящего из заданной точки 1, до данного направления.

*Дирекционный угол*  $\alpha$  данного направления 1-2 — горизонтальный угол, отсчитываемый по ходу часовой стрелки от северного направления линии, параллельной осевому меридиану, (т. е. оси Ох), исходящей из заданной точки 1, до данного направления.

Азимуты и дирекционные углы могут изменяться от  $0^\circ$  до  $360^\circ$ .

*Румб*  $r$  данного направления 1-2 — острый угол, отсчитываемый от ближайшего (северного или южного) направления меридиана, исходящего из заданной точки 1, до данного направления. Румб изменяется от  $0^\circ$  до  $90^\circ$ , и его значение сопровождается наименованием четверти относительно сторон света.

*Угол*  $\delta$  между направлениями истинного (С) и магнитного (С<sub>м</sub>) меридианов называется *склонением магнитной стрелки*. Угол  $\gamma$  между направлениями истинного (С) и осевого (х) меридианов зоны (оси Ох зональной системы прямоугольных координат) называется *сближением меридианов*. Связь ориентирных углов между собой определяется выражениями:

$$A = A_m + \delta;$$

$$\alpha = A - \gamma = A_m + \delta - \gamma = A_m + \Pi,$$

(6) где  $\Pi = \delta - \gamma$  — суммарная поправка.

Значения углов  $\delta$  и  $\gamma$  для изображенного на всем листе карты участка местности приведены в юго-западном углу листа карты; правее приводится схема взаимного расположения вертикальной линии километровой сетки (оси



Ох), истинного и магнитного меридианов.

Для определения по карте истинного азимута линии через начальную ее точку, используя минутную оцифровку градусной рамки, проводят истинный меридиан, относительно которого геодезическим транспортиром измеряют с точностью до 15" величину истинного

азимута  $A$  (см. рис. 2). По истинному азимуту линии и известным значениям  $\delta$  и  $\gamma$  рассчитывают магнитный азимут и дирекционный угол направления как

$$A_{\text{м.расч}} = A_{\text{изм}} - \delta, \quad \alpha_{\text{расч}} = A_{\text{изм}} - \gamma.$$

Для определения на карте дирекционного угла направления через начальную его точку проводят линию, параллельную оси абсцисс, т. е. вертикальной линии километровой сетки, и относительно ее измеряют транспортиром дирекционный угол  $\alpha$  (см. рис. 2). Дирекционный угол линии можно замерить в любой точке ее пересечения с вертикальной линией километровой сетки. По измеренному дирекционному углу и известным значениям  $\delta$  и  $\gamma$  рассчитывают значения истинного и магнитного азимутов по формулам:

$$A_{\text{расч}} = \alpha_{\text{изм}} + \gamma,$$

$$A_{\text{м.расч}} = \alpha_{\text{изм}} - \delta + \gamma = A_{\text{расч}} = \alpha - \Pi.$$

Результаты определения ориентирных углов сторон 1-2, 2-3, 3-4, 4-1

вносят в таблицу 6.

Таблица 6 – Значения ориентирных углов

Линия	$\delta$	$\gamma$	A		A <sub>м</sub>	$\alpha$		r
			изм.	расч.		изм.	расч.	
1-2	+0°45'	-0°35'	15°30'	15°25'	14°45'	16°00'	16°05'	СВ: 16°00'
2-3			100°30'	100°55'	99°45'	101°30'	101°05'	ЮВ: 78°30'
3-4			203°30'	203°25'	202°45'	204°00'	204°05'	ЮЗ: 24°00'
4-1			264°00'	264°25'	263°15'	265°00'	265°35'	ЮЗ: 85°00'

Значение измеренных и расчетных ориентирных углов соответствующих направлений не должны различаться между собой более чем на 30'.

Значения румбов (см. табл. 6) вычисляют по *измеренным* дирекционным углам сторон с учетом четверти, в которой располагается соответствующее направление (см. табл. 7).

Таблица 7 – Соотношение румбов и дирекционных углов

Четверти и их наименования	Значения дирекционных углов	Связь румбов (табличных углов) с дирекционными углами
I – СВ	0° - 90°	$r_1 = \alpha_1$
II – ЮВ	90° - 180°	$r_2 = 180^\circ - \alpha_2$
III – ЮЗ	180° - 270°	$r_3 = \alpha_3 - 180^\circ$
IV – СЗ	270° - 360°	$r_4 = 360^\circ - \alpha_4$

### 3.2 Вычисление дирекционных углов сторон

Для вычисления дирекционных углов сторон 1—2, 2—3, 3—4, 4—1 необходимо измерить геодезическим транспортиром внутренние правые по ходу горизонтальные углы  $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$ . При этом сумма измеренных углов может отличаться от 360° не более чем на 30', т. е.

$$(\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4) - 360^\circ < \pm 30'.$$

В качестве дирекционного угла исходной стороны  $\alpha_{1-2}$  принимается его измеренное значение (таблица 6). Вычисление дирекционных углов сторон выполняют по формуле

$$\alpha_n = \alpha_{n-1} + 180^\circ - \beta_{пр} \quad (7)$$

где  $\alpha_{n-1}$  — дирекционный угол предыдущей стороны;  $\alpha_n$  — дирекционный угол последующей стороны;  $\beta_{пр}$  — правый по ходу горизонтальный угол.

Исходя из формулы (7), для каждой стороны можно записать:

$$\alpha_{2-3} = \alpha_{1-2} + 180^\circ - \beta_2;$$

$$\alpha_{3-4} = \alpha_{2-3} + 180^\circ - \beta_3;$$

$$\alpha_{4-1} = \alpha_{3-4} + 180^\circ - \beta_4.$$

Для контроля повторно рассчитываем  $\alpha_{1-2}$ . При правильном вычислении должны получить одинаковый результат.

$$\alpha_{1-2} = \alpha_{4-1} + 180^\circ - \beta_1 .$$

Результаты расчетов сводятся в таблицу 8.

Рассчитанные значения дирекционных углов сторон сравнивают с измеренными, которые выписывают из таблицы 7. Их расхождения не должны превышать 30'.

Таблица 8 – Расчет дирекционных углов

Точки	Горизонтальные углы	Дирекционные углы		$\Delta\alpha = \alpha_{\text{расч}} - \alpha_{\text{изм}}$
		расчетные	измеренные	
1	69°00'			
		16°00'	16°00'	0°00'
2	95°00'			
		101°00'	101°30'	0°30'
3	77°00'			
		204°00'	204°00'	0°00'
4	119°00'			
		265°00'	265°00'	0°00'
1				
		16°00'		
$\Sigma$	360°00'			

#### Задание 4. Решение прямой и обратной геодезических задач

*Задача:* научиться определять координаты последующих точек по известным координатам предыдущих точек, длинам линий и дирекционным углам сторон (прямая геодезическая задача); дирекционные углы и длины линий по известным координатам их конечных точек (обратная геодезическая задача).

*Исходные данные:* значения координат точек, длин линий и дирекционных углов сторон.

*Принадлежности:*

калькулятор. **Содержание**

**задания**

1. Рассчитать координаты точек 1, 2, 3, 4 по формулам прямой геодезической задачи; сравнить значения вычисленных и непосредственно измеренных координат точек 1, 2, 3, 4.

2. Рассчитать дирекционные углы и длины линий 1-2, 2-3, 3-4, 4-1 по формулам обратной геодезической задачи; сравнить вычисленные их значения с непосредственно измеренными величинами.

#### 4.1 Прямая геодезическая задача

По известным координатам точки (например, точки А) линии АВ, дирекционному углу линии  $\alpha_{A-B}$  и ее горизонтальному проложению  $d_{A-B}$  требуется определить координаты точки В (см. рисунок 4). В основу задачи положено решение прямоугольного треугольника. Расчеты выполняют по формулам:

$$x_B = x_A + \Delta x; \quad y_B = y_A + \Delta y, \quad (8) \text{ где } \Delta x = d_{AB} \cos \alpha_{AB},$$

$$\Delta y = d_{AB} \sin \alpha_{AB}.$$

Контроль вычислений приращений координат:

$$\sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} = d_{AB}$$

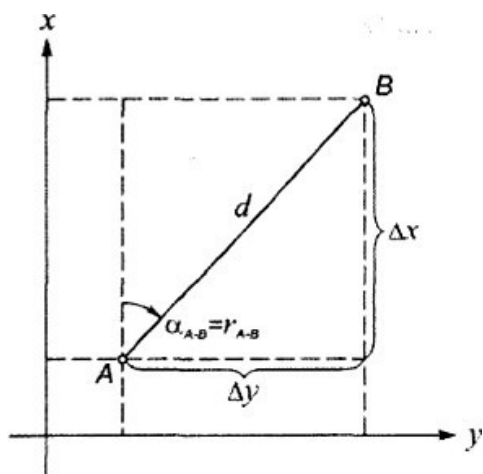




Рисунок 4. Схема к решению прямой и обратной геодезических задач

Следует помнить, что знаки приращений координат зависят от наименования румба (четверти), определяемого дирекционным углом заданного направления (таблица 9).

Значения координат точки 1 ( $x_1, y_1$ ), длины линий ( $d_{1-2}, d_{2-3}, d_{3-4}, d_{4-1}$ ) и дирекционных углов ( $\alpha_{1-2}, \alpha_{2-3}, \alpha_{3-4}, \alpha_{4-1}$ ) сторон берут из результатов непосредственных измерений по карте в заданиях 1, 2, 3.

Значения вычисленных координат точек 1, 2, 3, 4 сравнивают с их величинами, измеренными непосредственно по карте. Результаты вычислений приведены в таблице 10.

Таблица 9 – Знаки приращений координат

Четверти и их наименования	Знаки приращений координат	
	$\Delta x$	$\Delta y$
I – СВ	+	+
II – ЮВ	-	+
III – ЮЗ	-	-
IV – СЗ	+	-

Таблица 10 – Решение прямой геодезической задачи

Обозначения	Стороны			
	1-2	2-3	3-4	4-1
$\delta x, м$	4	14	7	4
$X_{i+1(изм)}, м$	3044	2762	2126	2000
$X_{i+1}, м$	3048	2776	2133	1996
$X_i, м$	2000	3048	2776	2133
$\Delta x, м$	1048	-272	-643	-137
$d, м$	1090	1428	704	1428
$\alpha^\circ$	16°00'	101°00'	204°00'	264°03'
$\Delta y, м$	300	1402	-286	1431

$y_i, \text{ M}$	1436	1736	3138	2852
$y_{i+1}, \text{ M}$	1736	3138	2852	1431
$y_{i+1(\text{ИЗМ})}, \text{ M}$	1740	3138	2850	1436
$\delta y, \text{ M}$	4	0	2	5

Примечание:

1. Координаты точек, приращения координат и длины линий даны в метрах.

2. Величины  $x_{i+1(изм)}$ ,  $y_{i+1(изм)}$  выписывают из таблицы 4.

#### 4.2 Обратная геодезическая задача

По известным координатам двух точек (например, точек А и В) требуется определить дирекционный угол  $\alpha_{AB}$  и горизонтальное проложение линии  $d_{AB}$  (смотри рисунок 4).

Расчеты выполняют по формулам:

$$tgr_{AB} \equiv \frac{\Delta y}{\Delta x} \equiv \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A}; \quad r_{AB} = \arctg \frac{\Delta y}{\Delta x}; \quad \alpha_{AB} = \dots^\circ \dots'; \quad (9)$$

$$d_A \equiv \frac{\sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}}{\cos \alpha_{AB}} = \frac{\Delta y}{\sin \alpha_{AB}}. \quad (10)$$

Значение дирекционного угла направления находят, руководствуясь соотношением между румбом и дирекционным углом в зависимости от четверти, в которой лежит данное направление; номер четверти определяют по знакам приращения координат  $\Delta x$  и  $\Delta y$  (смотри таблицу 9).

Контролем правильности решения задачи является равенство значений горизонтального проложения стороны, вычисленной трижды по формулам (10).

Значения координат точек 1, 2, 3, 4 принимают из результатов непосредственных измерений по карте, приведенных в таблице 4 задания 2. Вычисленные величины  $\alpha$  и  $d$  сравнивают с измеренными их значениями.

Результаты вычислений приводят в таблице 11.

Таблица 11 – Решение обратной геодезической задачи

Обозначения		Стороны							
		1-2		2-3		3-4		4-1	
$x_{i+1}$	$y_{i+1}$	3044	1740	2762	3138	2124	2850	2000	1436
$x_i$	$y_i$	2000	1436	3044	1740	2762	3138	2126	2850
$\Delta x$	$\Delta y$	1044	304	-282	1398	-638	-288	-124	-1414
$tgr_i = \frac{\Delta y_i}{\Delta x_i}$		0,291187739		4,957446809		0,451410658		11,22222222	
$r_i$		СВ: 16°14'06"		ЮВ: 78°35'44"		ЮЗ: 24°17'42"		СЗ: 84°54'28"	
$\alpha_i$		16°14'06"		101°24'16"		204°17'42"		264°54'28"	
$\alpha_{изм}$		16°00'00"		101°30'00"		204°00'00"		365°00'00"	
$d^i = \frac{\Delta y_i}{\sin \alpha_i}$		108 7		142 6		70 0		142 0	
$d^i = \frac{\Delta x_i}{\cos \alpha_i}$		108 7		142 6		70 0		142 0	
$d_i = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}$		108 7		142 6		70 0		142 0	
$d_{изм}$		109 0		142 8		70 4		142 8	

### Задание 5. Решение задач по карте (плану) с горизонталями

*Задача:* научиться решать инженерно-геодезические задачи с учетом рельефа участка местности, изображенного на карте (плане) с горизонталями.

*Принадлежности:* топографическая карта, циркуль-измеритель, масштабная линейка, микрокалькулятор.

#### Содержание задания

1. Изучить рельеф местности по топографической карте. Зарисовать образцы основных форм рельефа, имеющих на карте.

2. Определить отметки точек 1, 2, 3, 4, заданных на карте. Определить превышения между точками 1 и 2, 2 и 3, 3 и 4, 4 и 1.

3. Построить график заложений для карты масштаба 1:10 000 с высотой сечения 2,5 м.

4. Определить уклон и крутизну ската между точками 1 и 4.
5. Запроектировать кратчайшую трассу с заданным уклоном между точками 2 и 3.
6. Построить профиль местности по заданному направлению 1-2.
7. Определить по карте границы водосборной площади дамбы а-б.

### **5.1 Изучение рельефа местности по карте с горизонталями**

*Горизонталью* называется линия на земной поверхности, соединяющая точки с равными высотами.

Расстояние по высоте между двумя соседними секущими горизонтальными плоскостями называется *высотой сечения рельефа*  $h$ . Иными словами, высота сечения  $h$  представляет собой разность высот (превышений) двух соседних горизонталей.

Расстояние между двумя смежными горизонталями в плане называется *заложением*.

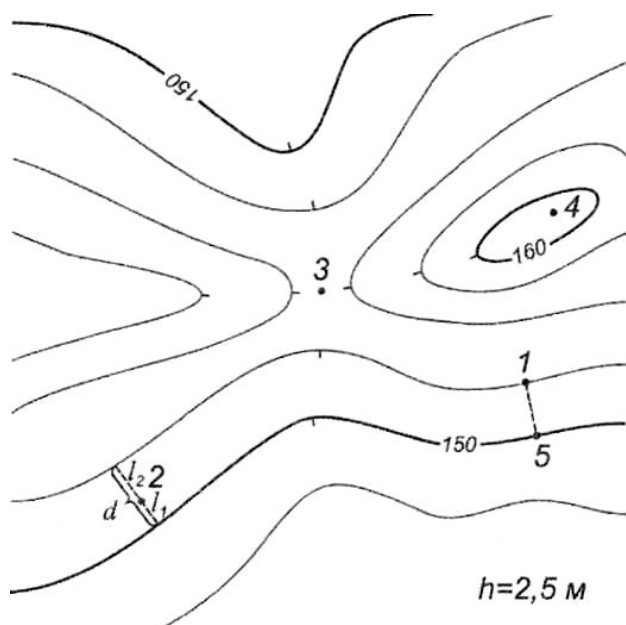
Изгибы горизонталей позволяют судить о рельефе местности. Крутой склон изображают более частыми горизонталями, пологий – более редкими. Для облегчения чтения рельефа и определения направления скатов перпендикулярно к горизонталям ставят *бергштрихи*. Каждую пятую (или четвертую) горизонталь проводят утолщенной и подписывают в разрыве основанием цифр в сторону падения ската. Для изображения скатов с углами наклонов более  $45^\circ$  используют особые условные знаки. К числу дополнительных знаков при изображении рельефа горизонталями относятся подписи отметок вершин, глубин и других высот,



характеризующих рельеф.

В результате изучения рельефа по карте следует дать краткую характеристику рельефа местности с указанием его типа (равнинный, пересеченный, предгорный, горный) и зарисовать в рабочей тетради образцы основных форм рельефа, представленных на карте.

## 5.2 Определение высот точек и превышений между ними



Одной из наиболее распространенных задач, решаемых по карте (плану), является определение отметок (высот) точек местности. При решении этой задачи следует руководствоваться следующими правилами (рис. 5).

Рисунок 5. Схема определения отметок точек по горизонталям

1. Отметка точки, расположенной на горизонтали, равна отметке этой горизонтали (напр., на рис. 5  $H_1=152,5$  м).

Отметки горизонталей находят с учетом высоты сечения рельефа, направления ската, подписей отметок утолщенных горизонталей и характерных точек рельефа. При этом следует помнить, что отметки горизонталей кратны высоте сечения рельефа.

2. Отметку точки, расположенной между горизонталями (точка 2), определяют из выражения:

$$H_2 = H_{\text{мл.}} + \frac{l_1}{d} h, \quad (11)$$

где  $H_{\text{мл.}}$  - отметка младшей горизонтали, ( $H_{\text{мл.}} = 150,0\text{м}$ ),

$d$ - заложение ската,

$l_1$  - расстояние в плане от младшей горизонтали

до точки,  $h$  - высота сечения рельефа, м.

Значения  $d$  и  $l_1$  определяются на плане с помощью циркуля-

измерителя с точностью 0,2мм.

Для приведенного на рисунке примера:

$$H_2 = 150\text{м} + \frac{3,2\text{мм}}{8,3\text{мм}} 2,5\text{м} = 151,0\text{ м}$$

3. Отметку точки, расположенной между горизонталями с одинаковыми отметками (т.3 - седловина) либо внутри замкнутой горизонтали (т.4 - вершина), можно определить лишь приближенно. При этом отметку точки принимают меньше или больше отметки этой горизонтали на половину высоты сечения рельефа, т.е.  $0,5h$ . Например:

$$H_3 = 155,0\text{м} - 0,5 \cdot 2,5\text{м} = 153,75\text{м}$$

$$H_4 = 160,0\text{м} + 0,5 \cdot 2,5\text{м} = 161,25\text{м}$$

Превышения между точками определяют как разность отметок последующей и предыдущей точек, т.е.

$$h_n = H_n - H_{n-1} \quad (12)$$

Результаты вычислений приведены в таблице 12.

Таблица 12 – Определение отметок точек и превышений

Точк и	Отметки точек H, м	Превышения h, м
1	180,00	
		15
2	195,00	
		1,90
3	196,90	
		1,85
4	198,75	
		-18,75
1		
		$\Sigma = 0$

**Контролем** правильности вычислений является равенство нулю

суммы всех превышений, т.е.

$$h_{1-2} + h_{2-3} + h_{3-4} + h_{4-1} = 0$$

### 5.3 Расчет и построение графика заложений

Крутизну ската (угол наклона ската  $\nu$ ) и уклон линии  $i$  между точками, лежащими на соседних горизонталях, определяют по формуле:

$$i = \operatorname{tg} \nu = \frac{h}{d}; \quad (13)$$

отсюда

$$\nu = \operatorname{arctg} \frac{h}{d}. \quad (13')$$

Чтобы избежать расчетов, при решении указанных задач по карте используют графики заложений, которые рассчитывают и строят соответственно высоте сечения рельефа и масштабу данного плана (карты). Построение графика заложения выполняют в следующем порядке:

1. Горизонтальную линию делят на равные отрезки произвольной длины; у концов отрезков подписывают значения углов наклона, начиная с  $0^{\circ}30'$ .

2. Вычисляют заложения, соответствующие каждому значению угла наклона при принятой высоте сечения рельефа, по формуле:

$$d = \frac{h}{\operatorname{tg} \nu} = h \operatorname{ctg} \nu, \text{ м.} \quad (14)$$

Длину каждого отрезка выражают в масштабе плана (карты) как

$$d' = \frac{d \cdot M \cdot 100}{M}, \text{ см.}$$

где  $M$  — знаменатель численного масштаба плана. Результаты вычислений заносят в табл. 13.

Таблица 13 - Расчет элементов графика заложений

$\nu$	$\operatorname{ctg} \nu$	$d$ , м	$d'$ , см
$0^{\circ}30'$	114,60	286,5	2,86

'			
1°	57,29	143,2	1,43
2°	...	...	...
3°	...	...	...
4°	...	...	...
5°	...	...	...
...	...	...	...

3. Полученные величины заложений  $d'$  откладывают на перпендикулярах линии против соответствующих углов наклона. Через полученные точки проводят плавную кривую и получают график крутизны (рис. 6). Если у точек деления горизонтальной линии вместо углов наклона подписаны значения уклонов и на перпендикулярах отложены соответствующие заложения, то имеем график уклонов. График заложений вычерчивают на листке миллиметровой бумаги и вклеивают в рабочую тетрадь.

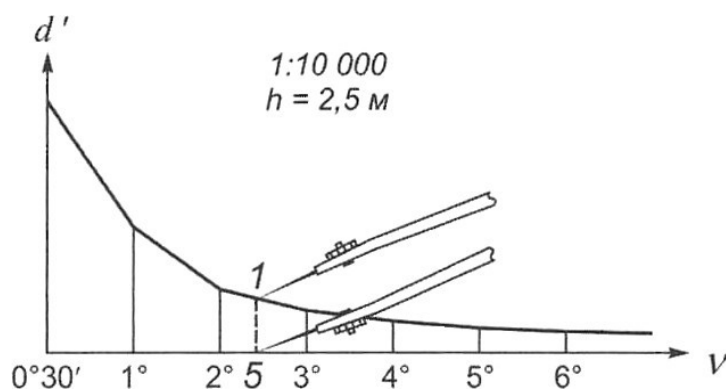


Рисунок 6. График заложений

#### 5.4 Определение уклона и крутизны ската

Заданием предусмотрено определение уклона и крутизны ската по линии 1—5 по карте масштаба 1:25 000 с  $h=2,5$  м расчетным и графическим способами.

Для этого на карте измеряют величину заложения и по масштабной линейке определяют соответствующие ему горизонтальное проложение линии местности  $d$ . Уклон ската рассчитывают по формуле (13).

Рассчитанный уклон линии выражают в тысячных долях единицы (промилле) и процентах.

*Пример.* По линии 1—5 (см. рис. 5)  $h = 2,5$  м,  $d = 62,0$  м.



$$i = \frac{h}{d} = \frac{2,5\text{M}}{62,0\text{M}} = 0,040 = 40\text{‰} = 4,0\%.$$

Крутизну ската определяют по таблицам тригонометрических функций либо при помощи калькулятора, исходя из выражения (13').

Для рассматриваемого примера  $\nu = 2^{\circ}18'$ .

При малых (до  $5^{\circ}$ ) углах наклона скатов крутизну можно рассчитать по формуле

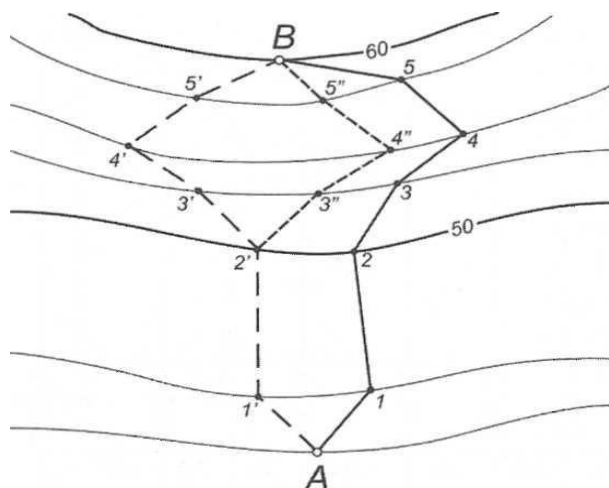
$$\nu = \rho \cdot \operatorname{tg} \nu = 57,3^{\circ} \cdot 0,040 = 2,29^{\circ} = 2^{\circ}17', \text{ где } \rho = 57,3^{\circ} \text{ — радиан.}$$

Для графического определения крутизны ската с плана берут в раствор циркуля заложение  $l-5$  и переносят его на график заложений (см. рис. 6) так, чтобы отрезок  $l-5$  оказался параллельным линиям графика, а одна ножка циркуля располагалась на горизонтальной линии, другая — на кривой графика. Значение крутизны определяют по оцифровке горизонтальной шкалы графика.

Полученные различными способами значения крутизны ската по линии  $l-5$  сравнивают между собой.

### 5.5 Проектирование трассы с заданным уклоном

На карте масштаба 1:25 000 требуется наметить трассу дороги между точками  $A$  и  $B$  (рис. 7), чтобы уклон ее во всех частях не пре-



вышал  $i_{np}$ , т. е. на любом участке трассы должно соблюдаться условие  $i < i_{np}$ .

*Пример.* Заданный проект- ный уклон  $i_{np} = 0,025$ ,  $h = 2,5$  м.

Рисунок 7. Проектирование  
трассы с заданным уклоном

Проектирование выполняют в следующем порядке.

1. Рассчитывают заложение, соответствующее заданному проектному уклону,

$$d = \frac{h}{i_{\text{пр}}} = \frac{2,5 \text{ м}}{0,025} = 100 \text{ м.}$$

и выражают его в масштабе карты:

$$d' = \frac{d \cdot M \cdot 100}{M} = \frac{100 \text{ м} \cdot 100}{25000} = 0,4 \text{ см}$$

Величину заложения  $d$  можно определить также по графику заложений.

2. Раствором циркуля, равным заложению  $d' = 0,4$  см, из точки А засекают соседнюю горизонталь и получают точку 1; из точки 1 тем же раствором засекают следующую горизонталь, получая точку 2, и т. д. Соединив полученные точки, проводят трассу с заданным уклоном.

Если рассчитанное заложение  $d'$  окажется меньше расстояния между соседними горизонталями (т. е. уклон ската на данном участке меньше заданного), то участок трассы проводится по кратчайшему расстоянию между ними. Решение этой задачи позволяет наметить несколько вариантов трассы, из которых выбирается наиболее приемлемый по технико-экономическим соображениям. Проектирование трассы следует вести на выкопировке с участка карты, выполненной на кальке.

## 5.6 Построение профиля местности

*Профилем* называется вертикальный разрез местности по заданному направлению.

Построение профиля по заданному на карте направлению

1-2 необходимо выполнить на листе миллиметровой бумаги в следующей последовательности.

1. На листе проводят горизонтальную линию (основание профиля) и на ней в масштабе плана откладывают отрезки 1-а, а-б, ..., и т.д., т.е.

точки пересечения линии 1-2 с горизонталями и характерными точками рельефа. В нижней строке записывают расстояния между точками профиля, а под соответствующими точками 1, а, б, ... - их отметки.

*Примечание.* Для перенесения точек профиля с карты на основание профиля удобно использовать следующий прием. Полоску бумаги прикладывают на карте к линии 1-2 и на нее сносят черточками начало и конец линии, места пересечения горизонталей и характерные точки рельефа. У каждой черты записывают обозначения точек, их отметки и расстояния между ними. Затем полоску бумаги прикладывают к основанию профиля и переносят на него все отмеченные точки и их данные.

2. Выбирают условный горизонт (УГ) с таким расчетом, чтобы его линия не пересекалась с линией профиля. Во всех отмеченных точках на основании профиля восстанавливают перпендикуляры и на них в выбранном вертикальном масштабе откладывают отметки точек, уменьшенные на высоту условного горизонта. Для наглядности и выразительности вертикальный масштаб профиля принимается в 10 раз крупнее горизонтального масштаба. Соединив верхние концы перпендикуляров отрезками, получаем профиль местности по линии 1-2.

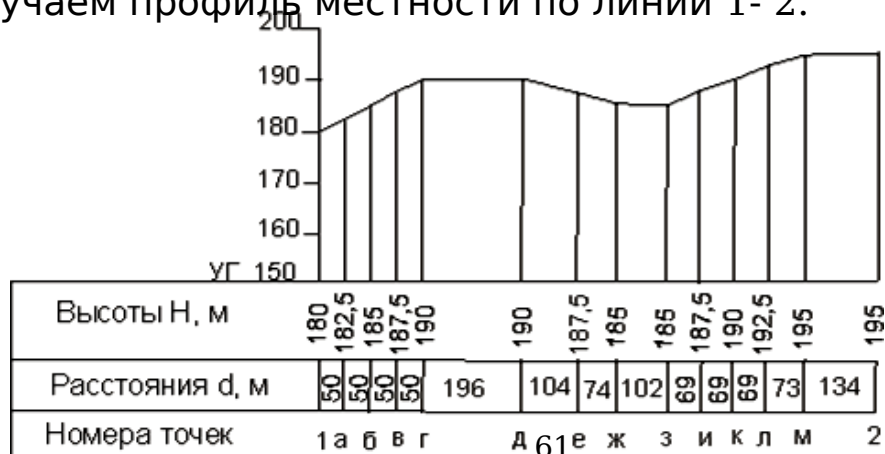
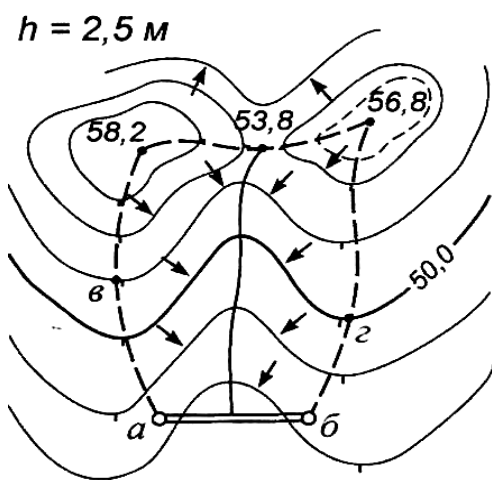


Рисунок 8. Профиль местности по заданному масштабу

## 5.7 Определение границы водосборной площади

Водосборной площадью или бассейном называется участок земной поверхности, с которого вода по условиям рельефа должна стекать в данный водоток (реку, лощину, тальвег).



### Оконтуривание

водосборной площади выполняются с учетом рельефа местности по горизонталям карты (плана). Граница водосборной площади проходит по водоразделу (хребту).

На карте указан участок местности с ярко выраженной лощиной и створ проектируемой дамбы  $a-b$  (рис. 9).

Рисунок 9. Определение границы водосборной площади

В соответствии со свойствами отображения местности горизонталями граница водосбора проходит в обе стороны от крайних точек дамбы  $a$  и  $b$  перпендикулярно к горизонталям (по линиям наибольшего ската) до линий водоразделов (точки  $в$  и  $г$ ) и далее по этим линиям до вершин холмов. Между вершинами холмов эта граница проходит по водораздельным линиям, соединяющим вершины с отметками 58,2 м и 56,8 м с серединой седловины (отм. 53,8 м).

По самым низким точкам лощины синим цветом



(карандашом, тушью или др.) наносят линию водослива (водотока).

Построение следует выполнять на листе кальки с выкопировкой участка карты в районе проектируемой дамбы.

### Вопросы для самоконтроля

1. Что такое план и карта? Какие планы и карты называют топографическими?
2. Дайте определение масштаба. Укажите, какие задачи решаются с помощью масштабов.
3. Назовите виды масштабов.
4. Дайте определение графической точности масштабов.
5. Что называется горизонтальным проложением линии местности? Связь горизонтального проложения и наклонного расстояния.
6. Назовите основные виды условных знаков и дайте понятие о каждом из них. Приведите примеры.
7. Дайте определение координат точки.  
Назовите системы координат, применяемые в геодезии.
8. Что такое широта и какой величиной она измеряется на поверхности земного шара?
9. Что такое долгота и какой величиной она измеряется на поверхности земного шара?
10. Что представляет собой градусная и километровая сетки карты?
11. Какие линии принимают за оси абсцисс и ординат в зональной системе плоских прямоугольных координат?
12. Что означают величины абсциссы и ординаты точки, определенные по карте?
13. Что такое приращения координат  $\Delta x$  и  $\Delta y$ ?
14. Что значит ориентировать линию?
15. Что называют ориентирным углом? Назовите применяемые в геодезии исходные направления и

ориентирные углы.

16. Дайте определение магнитного и истинного азимутов и дирекционного угла направления. Укажите, как они связаны между собой.

17. Что называется румбом? Укажите зависимости между румбами и дирекционными углами по четвертям.
18. Как измерить истинный азимут и дирекционный угол заданной линии на карте?
19. Чему равен дирекционный угол последующей линии, если известен дирекционный угол предыдущей линии и правый (левый) по ходу угол?
20. Что называют рельефом местности?
21. Что называют высотой точки и превышением между точками местности?
22. Дайте определение горизонтали и высоты сечения рельефа.
23. Что называют заложением ската?
24. Назовите основные формы рельефа и покажите, как они изображаются на карте с помощью горизонталей.
25. Что относят к характерным точкам и характерным линиям рельефа?
26. Дайте определение уклона и крутизны ската и формулы их вычисления.
27. Как определить отметку точки по горизонтали?
28. Как использовать графики заложения для определения уклонов и крутизны скатов?
29. Что называют водосборной площадью и какими линиями она ограничивается?

## Содержание

Введение	3
Задание 1. Определение горизонтальных расстояний с помощью масштабов	5
Задание 2. Определение координат точек по карте	1
2.1 Определение геодезических координат точек	1
2.2 Определение прямоугольных координат точек	1
Задание 3. Определение ориентирных углов направлений по карте	1
3.1 Определение ориентирных углов направлений	1
3.2 Вычисление дирекционных углов сторон	6
Задание 4. Решение прямой и обратной геодезических задач	2
4.1 Прямая геодезическая задача	1
4.2 Обратная геодезическая задача	2
Задание 5. Решение задач по карте (плану) с горизонталями	2
5.1 Изучение рельефа местности по карте с горизонталями	2
5.2 Определение высот точек и превышений между ними	5
5.3 Расчет и построение графика заложений	2
5.4 Определение уклона и крутизны ската	8
5.5 Проектирование трассы с заданным уклоном	2
	9
	3

	0
5.6 Построение профиля местности	3
	1
5.7 Определение границы водосборной площади	3
	3
Вопросы для самоконтроля	3
	4

Пшеничная Надежда Николаевна

Решение задач по топографической карте: методические  
указания к выполнению лабораторной и расчетно-  
графической работ по  
дисциплине «Геодезия» для студентов направлений подготовки  
21.03.02 Землеустройство и кадастры, 20.03.02  
Природообустройство и  
водопользование, 35.03.03 Агрохимия и  
агрочвоведение

Подписано в печать.....2021 г.

Формат 60x90 1/16. Бумага писчая. Печать *RISOGRAPHTR 1510*.

Уч. – изд. л.

2,3. Тираж

.....

экз.

Заказ.....

ФГБОУ ВО «Приморская государственная

сельскохозяйственная академия». 692510, г.

Уссурийск, Блюхера 44.

*Участок оперативной полиграфии ФГБОУ ВО ПГСХА  
692508, г. Уссурийск, ул. Раздольная, 8.*