

**Министерство образования и науки Российской Федерации**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования**

**«Воронежский государственный архитектурно-строительный университет»**

# **Геодезия**

**Методические указания  
к выполнению лабораторных работ**

для студентов 1-го курса

направления подготовки бакалавров

270800.62 «Строительство», 270900.62 «Градостроительство»

Воронеж 2013

УДК 528.001.24(07)  
ББК 26.12я7

*Составители: Б.А. Попов, М. А. Кириенко, Ю.В. Покидышева*

**Геодезия:** метод. указания к выполнению лабораторных работ для студ. 1-го курса / Воронежский ГАСУ; сост.: Б.А. Попов, М.А. Кириенко, Ю.В. Покидышева. – Воронеж, 2013.- с.

Предусмотрена методика выполнения лабораторных работ по геодезии для направления подготовки бакалавров 270800.62 «Строительство» и 270900.62 «Градостроительство». В методических указаниях рассмотрено устройство и поверки геодезических приборов, теория и методика геодезических измерений.

Изложена методика решения задач на топографической карте.

Ил. 34. Табл. 3.

**УДК 528.001.24(07)**  
**ББК 26.12я7**

Печатается по решению научно-методического совета Воронежского ГАСУ.

**Рецензент** – Кузнецов С.Н., д.т.н., проф. кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела

## ВВЕДЕНИЕ

Методические указания по содержанию соответствуют Государственному стандарту направления подготовки бакалавров 270800.62 «Строительство» и типовой программе по дисциплине «Геодезия», предназначены для студентов 1 курса.

В методических указаниях представлен порядок выполнения лабораторных работ по линейным, угловым и высотным измерениям, поверкам геодезических приборов, решению инженерных задач, приведены примеры оформления графических материалов, определены цели и задачи каждого этапа работ, рассмотрены требования, предъявляемые к ним.

Выполнению лабораторных работ непременно должно предшествовать изучение студентами лекций и соответствующих разделов учебника. Без этого выполнение лабораторных работ превращается в механическую и малополезную работу, не способствующую приобретению необходимых навыков практической работы.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

### Линейные измерения механическими мерными приборами

**1.1. Цель работы:** познакомиться с устройством мерных лент и рулеток, освоить методику линейных измерений и порядок обработки их результатов.

#### **1.2. Механические мерные приборы**

Механические мерные приборы представляют собой линейные отрезки различной длины, изготовленные чаще всего из металла в виде лент, рулеток, проволок.

**Ленты землемерные** выпускаются двух типов: ЛЗ - лента землемерная и ЛЗШ - лента землемерная шкаловая. Существуют ленты длиной 20, 24 и 50 м.

В комплект к штриховым лентам входят стальные шпильки.

Относительная ошибка измерения линий лентами в зависимости от методики и условий измерений равняется  $1/1000$  -  $1/3000$ .

**Рулетки.** Для измерений в строительстве наиболее удобны стальные рулетки типов: РС - рулетка самосвертывающаяся; РЖ - рулетка желобчатая; РЗ - рулетка в закрытом корпусе; РК - рулетка на крестовине.

Изготавливаются рулетки стальные, пластмассовые и тесмяные длиной 5, 10, 20, 50 и 100 м.

Стальные и пластмассовые компарированные рулетки служат для точных измерений линий и привязки капитальных сооружений, тесмяные - для обмера сооружений и элементов местности.

Относительная ошибка измерения линий рулетками составляет  $1/1000$  -  $1/20000$  в зависимости от класса рулетки, условий и методики измерений.

К механическим мерным приборам относятся также мерные проволоки и длинномеры, но на строительной площадке они практически не используются.

### 1.3. Краткие теоретические сведения

Суть линейных измерений (измерения расстояний) механическими мерными приборами состоит в определении длины линии  $D$  путем сравнения ее с длиной мерного прибора. Это достигается последовательным укладыванием мерного прибора в створе линии, т.е. вертикальной плоскости, проходящей через ее конечные точки. Длина линии определяется по формуле

$$D = L n + r, \quad (1.1)$$

где  $L$  – длина мерного прибора,  $n$  – количество раз, которое укладывался мерный прибор,  $r$  – расстояние между концом мерного прибора и конечной точкой линии.

Определение длины линии включает три этапа: подготовку, измерение и вычисление.

**Подготовка линии** к измерению состоит в расчистке и планировке трассы, закреплении и вешении.

Линии на местности закрепляются в зависимости от назначения металлическими стержнями, специальными геодезическими центрами (рис. 1.1.), столбиками, кольями или вехами, устанавливаемыми в начале и конце измеряемого отрезка.

При измерении длинных линий бывает недостаточно двух вех. Для обозначения на местности такой линии в ее **створе** - вертикальной плоскости, проходящей через ее конечные точки, устанавливают несколько дополнительных вех на расстоянии 50 - 100 м в зависимости от рельефа местности (рис. 1.2).

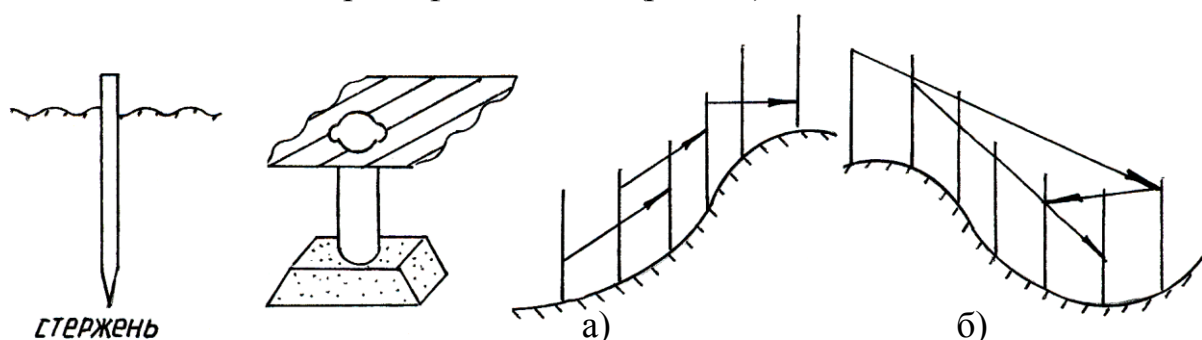


Рис. 1.1. Закрепление линий

Рис. 1.2. Вешение линий:  
а) через возвышенность; б) по склону

### 1.4. Порядок выполнения лабораторной работы № 1

Перед началом работ все мерные приборы обязательно **компарировать**. **Компарирование** - это определение фактической длины мерного прибора путем его сравнения с эталоном.

Разность между фактической длиной  $L$  мерного прибора и длиной  $l_0$  эталона называется **поправкой за компарирование**.

$$\Delta l_k = L - l_0 . \quad (1.2)$$

Поправка в измеренную линию  $\Delta D_k$  определяется по формуле

$$\Delta D_k = \frac{D}{l} \Delta l_k, \quad (1.3)$$

где  $D$  - измеренная длина линии,  $l$  - номинальная длина мерного прибора, мм.

Измерение линии выполняют два исполнителя, один из которых устанавливает нулевой штрих прибора в начальной точке, а другой укладывает его в створе линии и, выровняв прибор по высоте, отсчитывает длину или, закрепив положение второго конца прибора, протягивает его по створу и продолжает измерение.

Для исключения грубых ошибок и повышения точности измерение выполняется дважды: в прямом и обратном направлениях.

Если измеряемая линия имеет уклон, то для определения ее горизонтального проложения (проекция измеряемой линии на горизонтальную плоскость) на местности измеряют длину линии  $D$  и ее угол наклона  $v$  теодолитом. Тогда горизонтальная проекция  $d$  определится из рис. 1.3 по формуле

$$d = D \cos v . \quad (1.4)$$

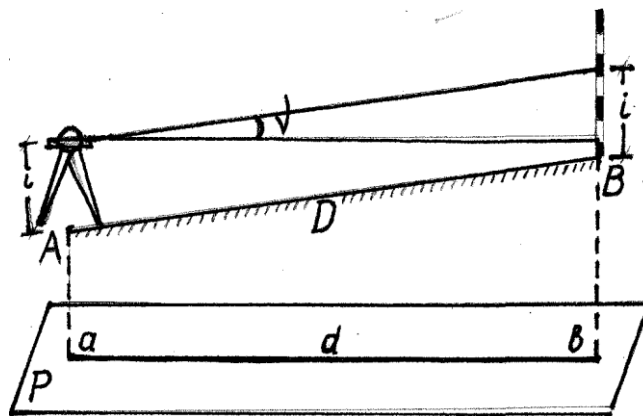


Рис. 1.3. Приведение наклонных линий к горизонту

Поправка за наклон линии к горизонту определяется по формуле

$$\Delta D = D - d = D - d \cos v = 2D \sin^2 \frac{v}{2}. \quad (1.5)$$

Необходимо иметь в виду, что, чем больше угол наклона линии, тем точнее его нужно определять, т. к. ошибка с увеличением угла быстро возрастает.

При точных измерениях обязательным является учет поправки за температуру, которая вычисляется по формуле

$$\Delta D_t = DK(t_n - t_k), \quad (1.6)$$

где  $K$  – коэффициент линейного расширения стали, равный  $12 \cdot 10^{-6}$ ,  
 $t_n - t_k$  – температуры при измерении и компарировании ( $t_k = + 20^\circ\text{C}$ ).

Вычислить линию – это значит найти наиболее вероятное ее значение  $d$  с учетом всех перечисленных поправок по уравнению

$$d = D \cdot \Delta D_k + \Delta D_v + \Delta D_t. \quad (1.7)$$

Ошибки длин линий не должны превышать величин, указанных в инструкции для данного вида работ.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

### Угловые измерения

**2.1. Цель работы:** изучить устройство теодолита и приемы работы с ним.

**2.2. Порядок выполнения работы:**

- 1) изучить устройство теодолита (рис. 2.1);
- 2) зарисовать в рабочей тетради горизонтальную и вертикальную шкалы и подписать под ними полученные отсчеты;
- 3) научиться устанавливать теодолит в рабочее положение;
- 4) измерить способом приемов горизонтальный угол между визирными знаками;
- 5) провести обработку результатов измерений.

Образец записи и вычислительной обработки приведен в табл. 2.1.

Таблица 2.1

#### Журнал измерения углов

Номер станции	Положение теодолита	Номера наблюд. точек	Отсчеты		Величина угла	Средняя величина угла	Примеч.
			градусы	минуты			
1	КП	3	246	26	$102^0 18'$	$102^0 18,5'$	
		2	144	10			
	КЛ	3	190	36	$102^0 19'$		
		2	88	19			

б) определить место нуля (МО) теодолита:

$$MO = \frac{(КЛ + КП)}{2} = 180^0 ; \quad (2.1)$$

7) измерить углы наклона на две визирные цели и вычислить вертикальный угол  $v$  :

$$v = КЛ - MO = MO - КП. \quad (2.2)$$

Образец журнала для записи приведен в табл. 2.2

Таблица 2.2

Журнал измерения вертикальных углов

Номера точек	Отсчеты по вертик. кругу		МО	v
	КЛ	КП		

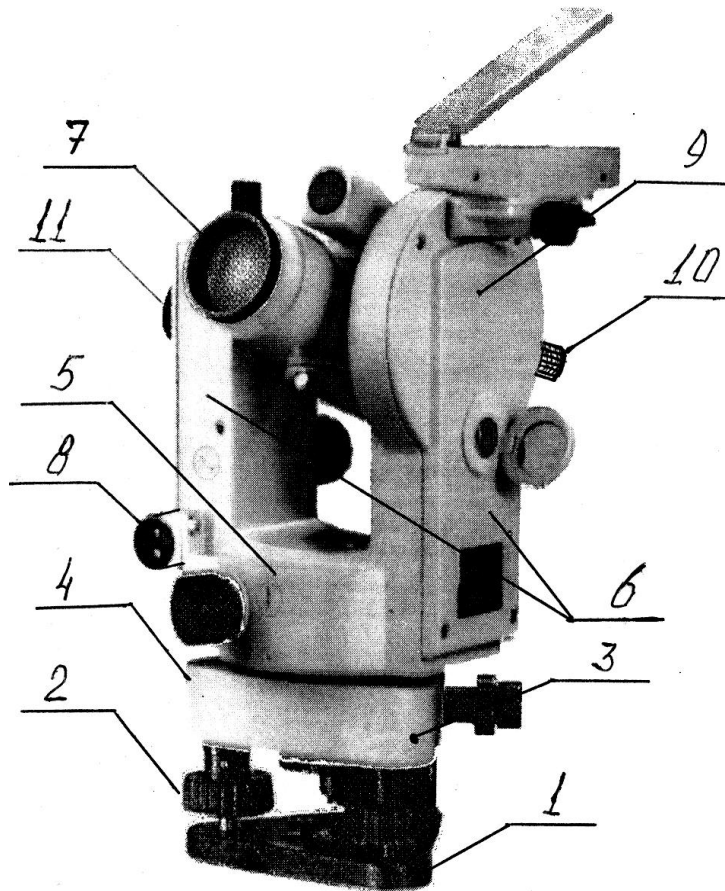


Рис. 2.1. Основные части теодолита

Основными частями теодолита являются подставка, состоящая из пружинящей пластины 1, подъемных винтов 2 и корпуса 3, лимб горизонтального круга 4, расположенного под металлическим кожухом теодолита, алидада 5, на двух подставках 6 крепится зрительная труба 7, цилиндрический уровень 8, вертикальный круг 9, микроскоп для взятия

отсчетов 10. Все вращающиеся части теодолита снабжены закрепительными и микрометрическими винтами для фиксирования их в неподвижном положении и для плавного и точного наведения на цель. Резкое изображение цели достигается с помощью винта кремальеры 11.

В комплект к теодолиту входят буссоль (служит для определения магнитных азимутов), штатив с отвесом (для установки теодолита над вершиной угла).

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

### Поверки теодолита

**3.1. Цель работы:** изучить требования к положению осей теодолита, освоить их поверки и юстировки.

**3.2. Порядок выполнения работы:** изучить и зарисовать геометрическую схему теодолита (рис. 3.1), освоить выполнение поверок на практике.

#### Поверки теодолитов

Основные поверки теодолитов производят с целью выявления и устранения возможных несоответствий техническим условиям, которые определяются взаимным расположением его осей.

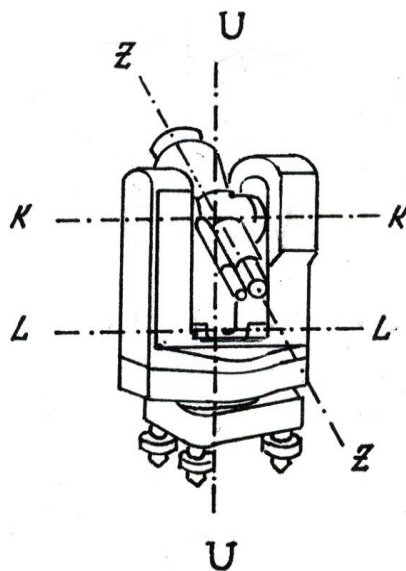


Рис. 3.1. Оси теодолита

#### 1-я поверка

Ось цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга **LL** должна быть перпендикулярна вертикальной оси вращения теодолита **UU**.

Для выявления отклонений цилиндрический уровень устанавливают параллельно двум подъемным винтам теодолита, а пузырек уровня приводят на середину. Повернув алидаду на  $90^\circ$ , вновь выводят пузырек уровня на



середину третьим подъемным винтом. При повороте уровня на  $180^\circ$  от первоначального направления пузырек уровня должен остаться на середине (условие выполнено). Если пузырек сместился от середины уровня, то его на половину отклонения возвращают подъемными винтами, вторую половину – исправительными винтами уровня. Юстировку (исправление) продолжают до полной остановки пузырька при вращении теодолита.

## 2-я поверка

Визирная ось трубы **ZZ** должна быть перпендикулярна оси ее вращения **КК** (поверка коллимационной ошибки).

Установив теодолит в рабочее положение, трубу наводят на удаленную цель при положении вертикального круга справа от наблюдателя (КП) и снимают отсчет по горизонтальному кругу. Переведя трубу через зенит, вновь наводят ее на ту же цель при вертикальном круге слева от наблюдателя (КЛ) и снова снимают отсчет. Очевидно, что разность отсчетов КЛ - КП должна быть равна  $180^\circ$ , а отклонение визирной оси от перпендикуляра к оси вращения трубы (коллимационную ошибку)  $C_k$  получим из формулы

$$C_k = (КЛ - КП \pm 180^\circ) / 2 \leq 2t, \quad (3.1)$$

где  $t$  - точность отсчета по лимбу.

Теоретический отсчет, определяемый по равенству

$$КЛ_T = КЛ - C_k, \quad (3.2)$$

используют для установки алидады горизонтального круга наводящим (микрометрическим) винтом по отсчету КЛ. Смещение перекрестия сетки нитей с цели устраняется исправительными винтами, расположенными возле окуляра трубы под металлической крышкой (рис. 3.2).

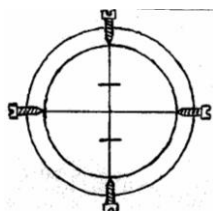


Рис. 3.2. Исправительные винты сетки нитей теодолита

Вначале ослабляют вертикальные винты, затем боковой винт, в сторону которого необходимо переместить сетку нитей, а затем вторым боковым винтом наводят вертикальную нить на цель.

### **3-я поверка**

Ось вращения трубы **КК** должна быть перпендикулярна вертикальной оси прибора **U-U**.

Теодолит приводят в рабочее положение и наводят трубу при **КП** на высоко расположенную точку. Затем трубу опускают, проецируя положение точки на уровень земли. Полученную проекцию маркируют. Повторив действия при **КЛ**, получаем проекцию второй точки. При совпадении проекций условие выполнено. В противном случае ось вращения трубы не перпендикулярна к основной оси инструмента. В современных конструкциях теодолитов нет исправительных винтов, исключаящих это несоответствие. Юстировка прибора может быть осуществлена только в заводских условиях.

### **4-я поверка**

Одна из нитей сетки трубы должна быть горизонтальной, другая - вертикальной.

Привести теодолит в рабочее положение и навести его трубу на хорошо видимую цель. Вращая микрометрическим винтом горизонтальный лимб, необходимо следить за тем, чтобы изображение цели все время находилось на горизонтальной нити сетки. Поверку можно выполнять наведением вертикальной нити на отвес, расположенный не ближе 5 - 10 м от теодолита.

При смещении цели с нити сетку юстируют разворотом окуляра кольца трубы с помощью исправительных винтов сетки нитей (рис.3.2).

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4**

### **Решение инженерных задач с помощью теодолита**

**4.1. Цель работы:** изучить технологию решения инженерных задач, изучить возможности теодолита и приобрести навыки в его использовании.

**4.2. Порядок выполнения работы:**

*Построение на местности проектного угла*

- 1) установить теодолит над вершиной угла;
- 2) привести теодолит в рабочее положение и навести трубу на исходную точку при «КЛ»;
- 3) взять отсчет по горизонтальному кругу. К этому отсчету прибавить проектную величину угла (если угол расположен справа от исходного направления) или вычесть ее (если угол расположен слева);
- 4) вращая алидаду горизонтального круга, найти нужный отсчет и в створе полученного направления установить шпильку;
- 5) выполнить те же действия при «КП» и установить новую шпильку;
- 6) среднее положение этих шпилек будет фиксировать искомое направление (рис. 4.1).

| |

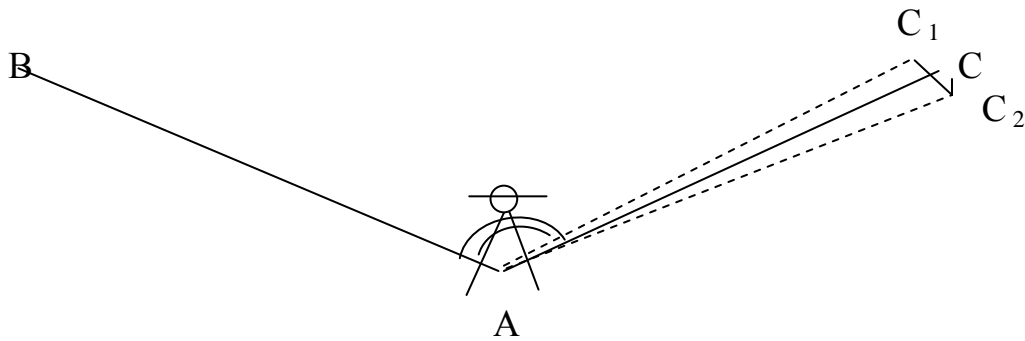


Рис. 4.1. Построение проектного угла

*Определение высоты сооружения:*

1) установить теодолит над закрепленной точкой на расстоянии  $d$  от сооружения (рис. 4.2);

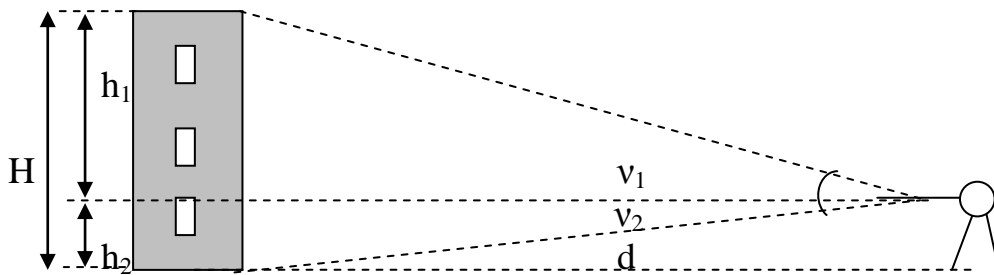


Рис 4.2. Определение высоты сооружения

2) привести теодолит в рабочее положение и измерить вертикальные углы  $v_1$  и  $v_2$ . Высоту сооружения определить по формуле

$$H = d (\operatorname{tg} v_1 - v_2). \quad (4.1)$$

*Построение линии заданного уклона:*

- 1) установить теодолит над исходной точкой А (рис. 4.3) и привести его в рабочее положение;
- 2) определить МО теодолита;
- 3) вычислить отсчет при КП на конечную точку линии.  $\text{КП} = v + \text{МО}$  (угол наклона задает преподаватель);
- 4) установить визирную ось трубы по расчетному отсчету;
- 5) измерить высоту теодолита над точкой А;
- 6) в искомой точке забить колышек и установить на нем рейку. Если отсчет по рейке окажется больше высоты теодолита, колышек забивают глубже, если меньше – поднимают до совпадения отсчета по рейке с высотой теодолита.

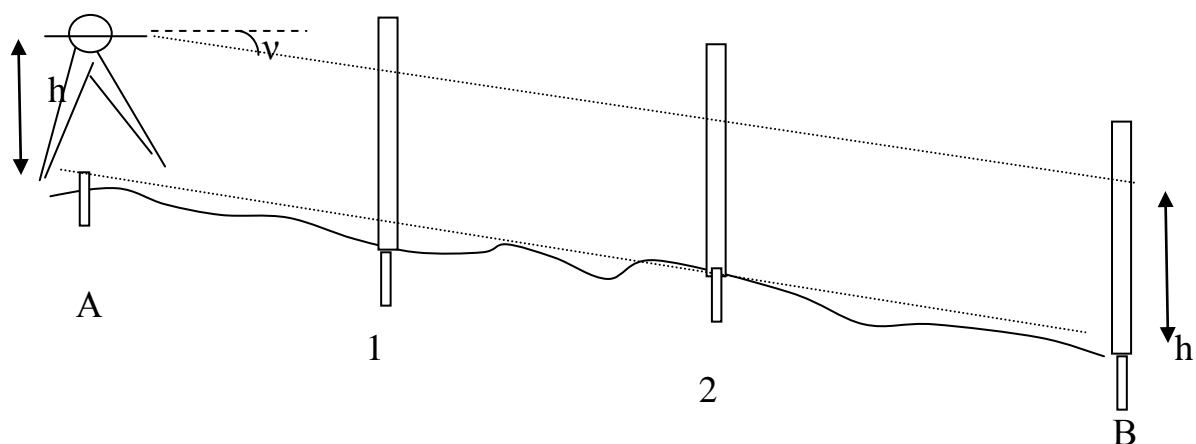


Рис. 4.3. Построение линии заданного уклона

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

### Высотные измерения

**5.1. Цель работы:** получить знания по устройству нивелира и приемами работы с ним.

**5.2. Порядок выполнения работы:**

1) изучить устройство нивелира.

*Устройство нивелиров:*

**Нивелир** - прибор, служащий для определения разности высот нескольких точек. Прибор основан на приведении визирного луча зрительной трубы в горизонтальное положение с помощью уровня (рис.5.1, а) или компенсатора (рис. 5.1, б).

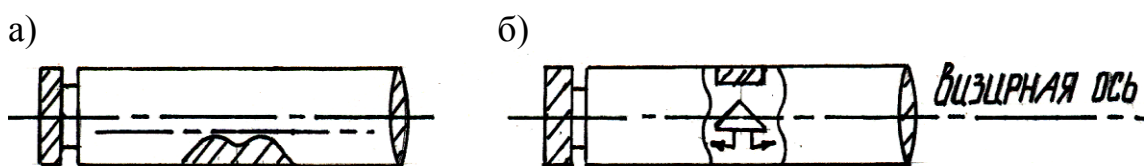


Рис. 5.1. Устройство зрительной трубы нивелира:  
а) с уровнем; б) с компенсатором

Основными частями нивелиров являются: подставка, цилиндрический уровень (компенсатор) и зрительная труба (рис. 5.2).

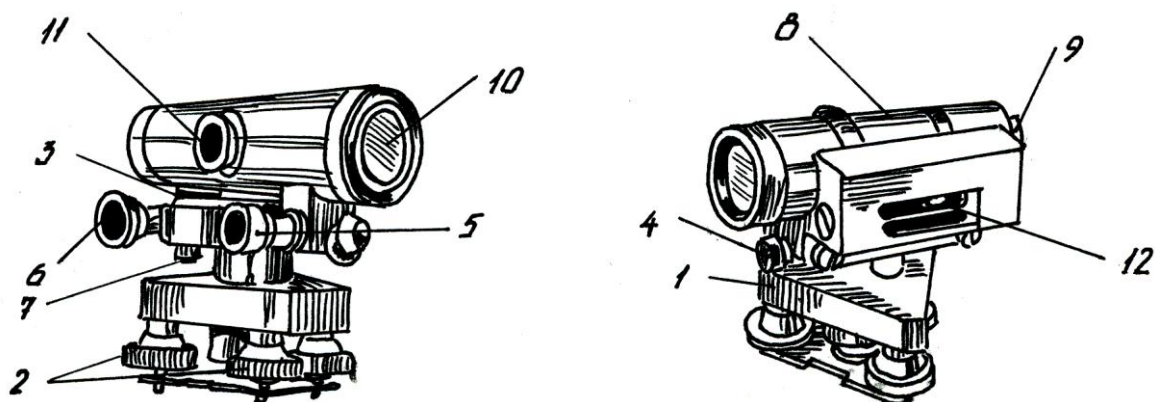


Рис. 5.2. Схема устройства нивелира с цилиндрическим уровнем:  
 1 – подставка нивелира (трегер); 2 – подъемные винты; 3 – круглый уровень;  
 4 – закрепительный винт; 5 – наводящий винт; 6 – элевационный винт;  
 7 – исправительные винты круглого уровня; 8 – зрительная труба; 9 – окуляр;  
 10 – объектив; 11 – кремальера; 12 – цилиндрический уровень

Наведение трубы нивелира на цель осуществляется закрепительным 4 и наводящим 5 винтами, фокусировка изображения - кремальерой 11. Приведение пузырька круглого уровня на середину осуществляется подъемными винтами 2, а пузырька цилиндрического уровня - элевационным винтом 6.

Для удобства работы изображение концов пузырька цилиндрического уровня находится в поле зрения трубы (рис. 5.3).

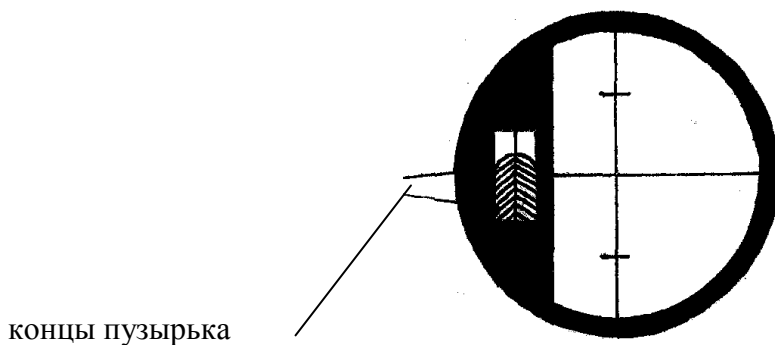


Рис. 5.3. Поле зрения трубы нивелира с цилиндрическим уровнем

При горизонтальном положении визирной оси нивелира концы пузырька совмещаются, а при наклонном - расходятся.

В комплект к нивелиру входят нивелирные рейки (рис. 5.4).

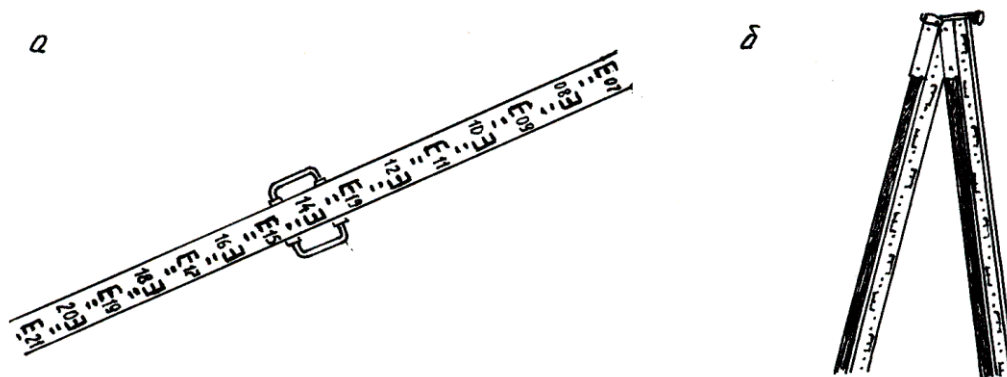


Рис. 5.4. Нивелирная рейка: а) цельная, б) складная

Рейка имеет две стороны: черную (основную) и красную (контрольную). На каждой из них чередуются черные (красные) и белые шашечные деления величиной 1 см. Счет делений идет по черной стороне от нуля, по красной стороне – от цифры 4785 или 4685 (пятка рейки). Принцип взятия отсчетов по рейке показан на рис. 5.5.

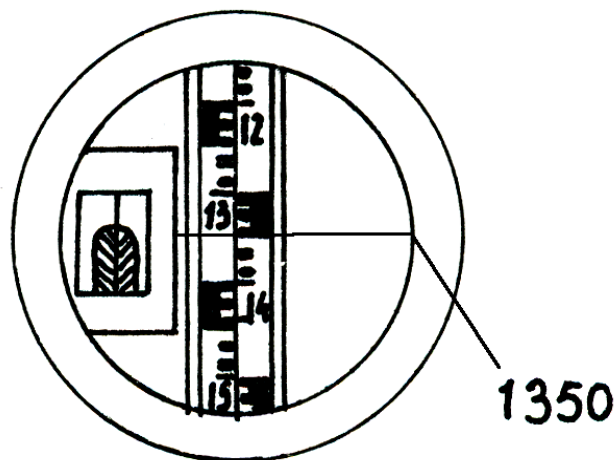


Рис. 5.5. Взятие отсчета по рейке

Кроме рейки в комплект к нивелиру входит штатив для установки нивелира;

- 2) описать в рабочей тетради название и функции рабочих частей нивелира;
- 3) научиться приводить нивелир в рабочее положение и брать отсчеты по черной и красной сторонам рейки;
- 4) зарисовать поле зрения трубы нивелира с изображением рейки и сетки нитей в соответствии с полученным отсчетом;
- 5) перевести трубу нивелира на вторую точку и взять отсчет. Рассчитать превышения по схеме (рис. 5.6). Полученные результаты записать в табл. 5.1.



## Поверки нивелиров

**Поверка 1.** Ось круглого уровня 4-4 должна быть параллельна оси вращения нивелира 3-3 (рис. 6.1).

Круглый уровень устанавливают параллельно двум подъемным винтам и выводят его на середину. Повернув нивелир на  $90^\circ$ , вновь устанавливают пузырек по третьему винту. При развороте нивелира на  $180^\circ$  от первоначального направления пузырек уровня должен оставаться на середине. Отклонения пузырька уровня уменьшают наполовину подъемными винтами, а вторую половину – исправительными винтами уровня.

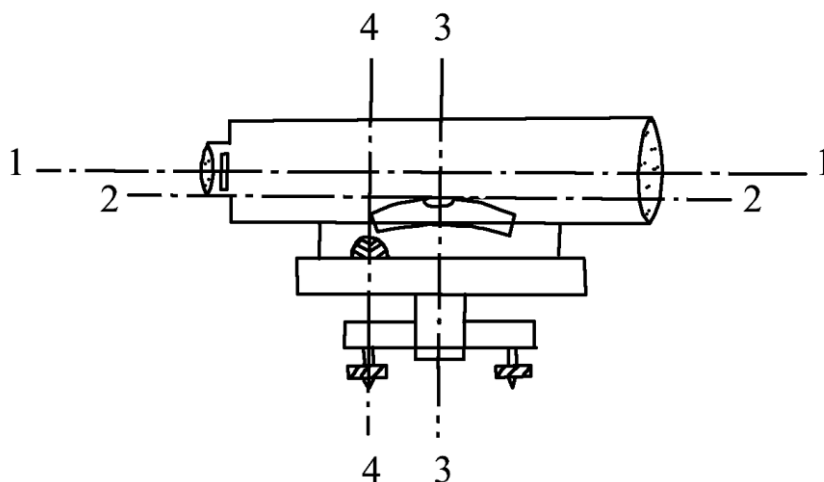


Рис. 6.1. Схема осей нивелира:

1-1 – визирная ось; 2-2 – ось цилиндрического уровня;

3-3 – ось вращения инструмента; 4-4 – ось круглого уровня

**Поверка 2.** Вертикальная нить сетки нитей должна быть параллельна оси вращения нивелира 3-3 (рис. 6.2).

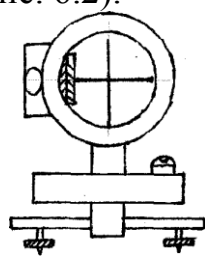


Рис. 6.2. Поверка сетки нитей

На расстоянии 25-30 м от нивелира вешается отвес, трубу нивелира наводят на него так, чтобы вертикальная нить сетки нитей точно совпала с нитью отвеса.

Несовпадение нити с отвесом устраняется исправительными винтами окуляра.

**Поверка 3.** Визирная ось 1-1 должна быть параллельна оси цилиндрического уровня 2-2.

Поверка выполняется двумя способами.



В первом случае производится двойное нивелирование одной и той же линии с разных ее концов (рис. 6.3).

Закрепив кольями линию длиной 50-70 м, устанавливают нивелир окуляром над точкой А и берут отсчет по рейке, установленной в точке В. Если визирная ось и ось цилиндрического уровня не параллельны, то вместо правильного отсчета  $b_0$  будет взят отсчет  $b_1$ , содержащий ошибку  $x$ .

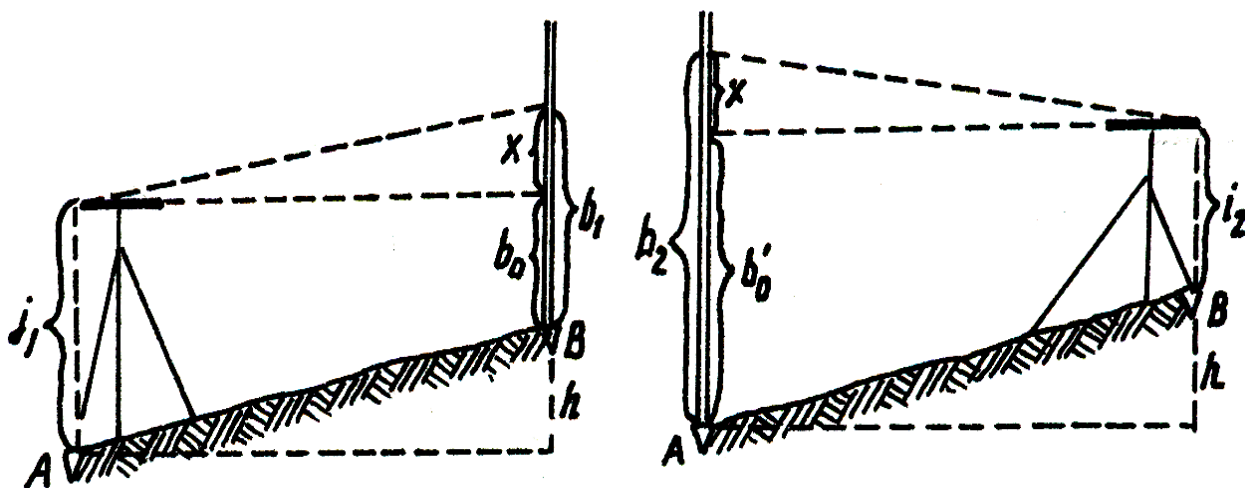


Рис. 6.3. Проверки оси цилиндрического уровня двойным нивелированием

Поменяв местами нивелир и рейку, вновь берут отсчет. Ошибку вычисляют по формуле

$$x = \frac{b_1 + b_2}{2} - \frac{i_1 + i_2}{2}, \quad (6.1)$$

где  $b_1, b_2$  – отсчеты по рейке;  $i_1, i_2$  – высоты инструмента.

Ошибка  $x$  не должна превышать  $\pm 4$  мм. В противном случае элевационным винтом нивелира наводят среднюю нить сетки нитей на отсчет  $b_0'$ :

$$b_0' = b_2 - x, \quad (6.2)$$

а исправительными винтами цилиндрического уровня совмещают изображения концов пузырька уровня.

Эта же проверка может быть выполнена и другим способом (рис. 6.4).

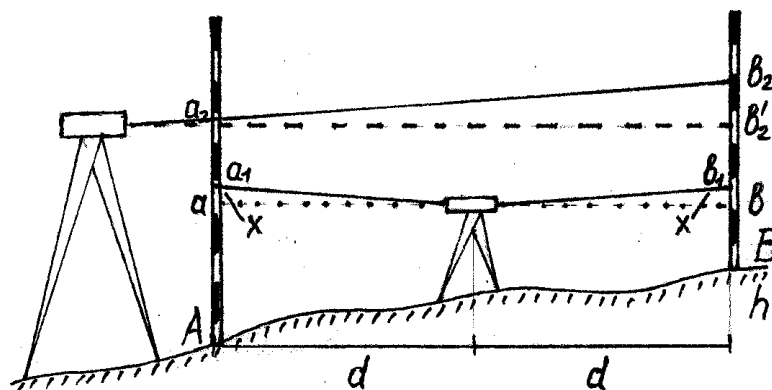


Рис. 6.4. Проверка оси цилиндрического уровня по известному превышению

Нивелир устанавливают посередине между двумя рейками и берут по ним отсчеты. Эти отсчеты (если условие не выполнено) будут отличаться от истинных на одну и ту же величину  $x$ , поэтому превышение  $h$ , полученное по отсчетам  $a_1$  и  $b_1$ , будет правильным.

$$h = a_1 - b_1 = a - b. \quad (6.3)$$

Затем нивелир устанавливают как можно ближе к первой рейке и берут отсчеты. Пренебрегая в связи с малым расстоянием ошибкой отсчета  $a_2$ , можно вычислить правильный отсчет  $b_2^{\wedge}$ .

$$b_2^{\wedge} = a_2 - h. \quad (6.4)$$

Вычисленный отсчет не должен отличаться от фактического более чем на 4 мм. Ошибку устраняют смещением сетки нитей на верный отсчет  $b_2$  элевационным винтом, а пузырек уровня подводят на середину исправительными винтами.

Отличительной особенностью проверок нивелиров с компенсатором является следующая. Линия визирования нивелира с компенсатором должна быть горизонтальной при наклонах оси прибора в пределах расчетного угла компенсации.

Прибор устанавливают посередине между двумя рейками и определяют превышение между этими точками пятью приемами при различных положениях пузырька круглого уровня (рис. 6.5).

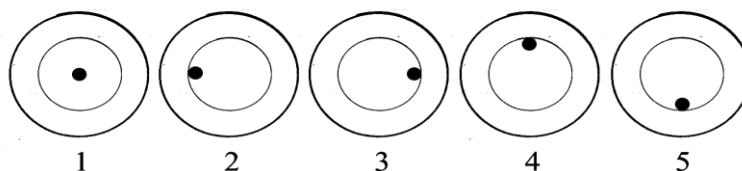


Рис. 6.5. Положение пузырька уровня при установлении ошибки недокомпенсации

Если среднее значение превышений, полученных при положении 2, 3, 4, 5, отличается от среднего значения, полученного при положении 1, более чем на 4 мм, то прибор подлежит юстировке в заводских условиях.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7

### Решение инженерных задач с помощью нивелира

7.1. **Цель работы:** изучить методику решения типовых задач.

7.2. **Порядок выполнения работы:**

*Вынос на местность проектной отметки:*

1) установить нивелир примерно посередине между репером и местом вынесения точки (рис.7.1) и взять отсчет по рейке, установленной на репере;

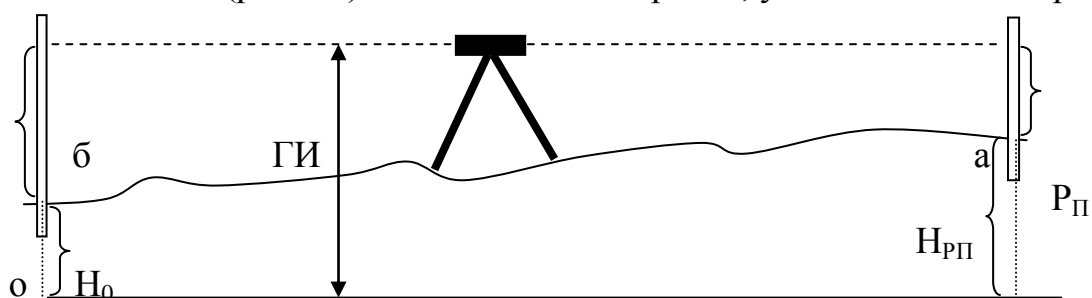


Рис. 7.1. Схема вынесения проектной отметки

2) вычислить горизонт инструмента (ГИ):

$$ГИ = Н_{РП} + а; \quad (7.1)$$

3) вычислить отсчет, который должен получиться в искомой точке О:

$$б = ГИ - Н_{РП}; \quad (7.2)$$

4) установить рейку в месте вынесения точки и, перемещая ее вверх или вниз, добиться нужного отсчета «б».

*Вынос отметки на дно котлована:*

1) установить нивелир между репером и котлованом (рис. 7.2) и взять отсчеты по рейке, установленной на репере, а затем по рулетке, подвешенной на шесте;

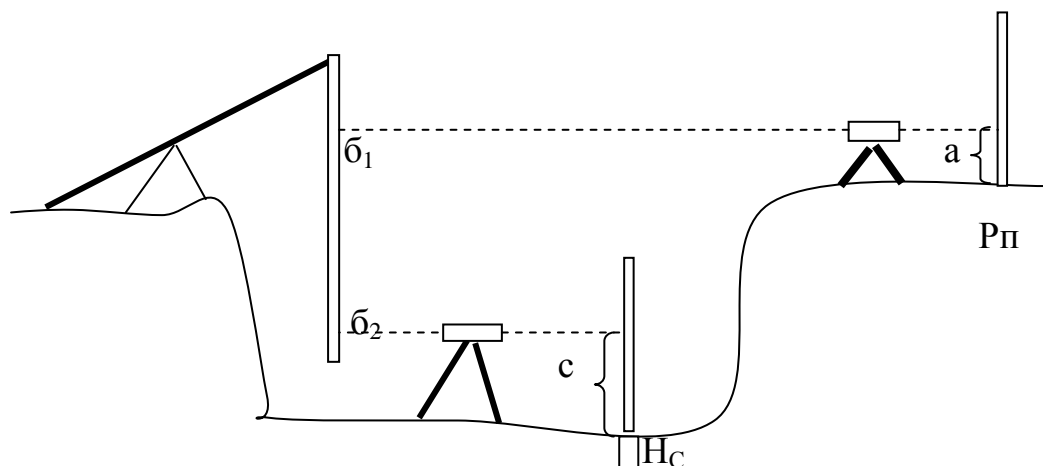


Рис 7.2. Схема передачи отметки на дно котлована

2) перенести нивелир на дно котлована и вновь взять отсчеты по рулетке и рейке, установленной на дне котлована. Фактическую отметку дна котлована можно вычислить по формуле

$$H_C = H_{Pn} + a - (b_2 - b_1) - c; \quad (7.3)$$

3) рассчитать отсчет по рейке, соответствующий проектной отметке:

$$c = H_{Pn} + a - (b_2 - b_1) - H_{Pr}; \quad (7.4)$$

4) перемещая рейку вверх или вниз, добиться того, чтобы отсчет по ней оказался равным «с», и закрепить точку.

*Перенесение на местность линии заданного уклона:*

- 1) установить нивелир в рабочее положение над начальной точкой линии (рис. 7.3);
- 2) определить высоту нивелира  $I$  над колышком;
- 3) рассчитать необходимые отсчеты в точках 1, 2, 3, 4;

$$\begin{aligned} H_I &= H_a + I d, \\ b_1 &= H_a + I - H; \end{aligned} \quad (7.5)$$

- 4) последовательно установить рейку в этих точках и перемещать ее по вертикали, пока на ней не окажется рассчитанный отсчет;
- 5) прямая, проведенная через верхнюю грань колышков, будет линией заданного уклона.

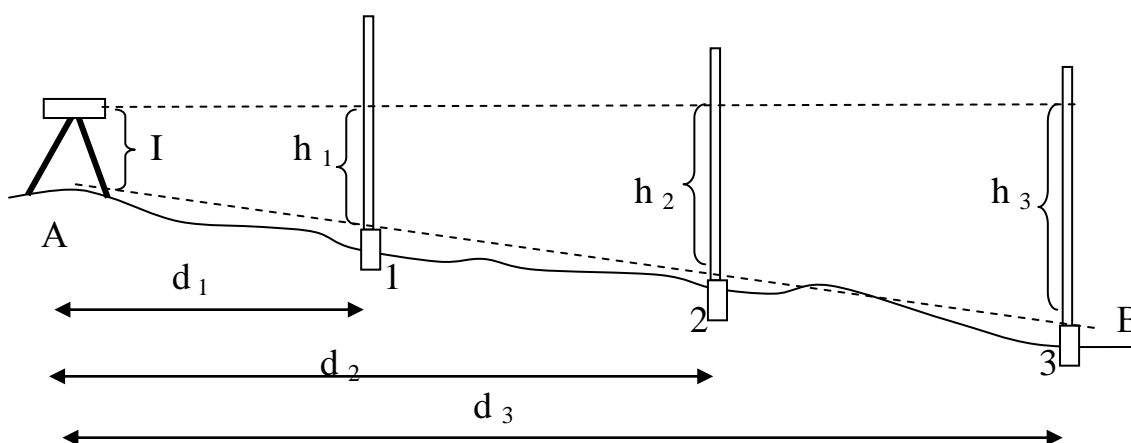


Рис. 7.3. Схема перенесения на местность линии заданного уклона

## Лабораторная работа № 8

### Планы и карты

8.1. **Цель работы:** изучить особенности планов и карт, научиться работать с ними, освоить методику решения задач на топографических планах и картах.

8.2. **Порядок выполнения работы:**

- 1) Изучить по условным знакам ситуацию местности, нанесенную на карту (план). Определить основные объекты местности: населенные пункты, дороги, инженерные коммуникации, растительность, гидрографию;
- 2) Изучить рельеф местности, выявить основные формы рельефа.

*Сущность изображения рельефа горизонталями:*

**Горизонталь** — это замкнутая линия, изображающая на карте горизонтальный контур неровностей, все точки которого на местности расположены на одной высоте над уровнем моря. Горизонтали можно представить как линии, полученные в результате сечения местности уровнями поверхностями, то есть поверхностями, параллельными уровню воды в океанах (рис. 8.1).

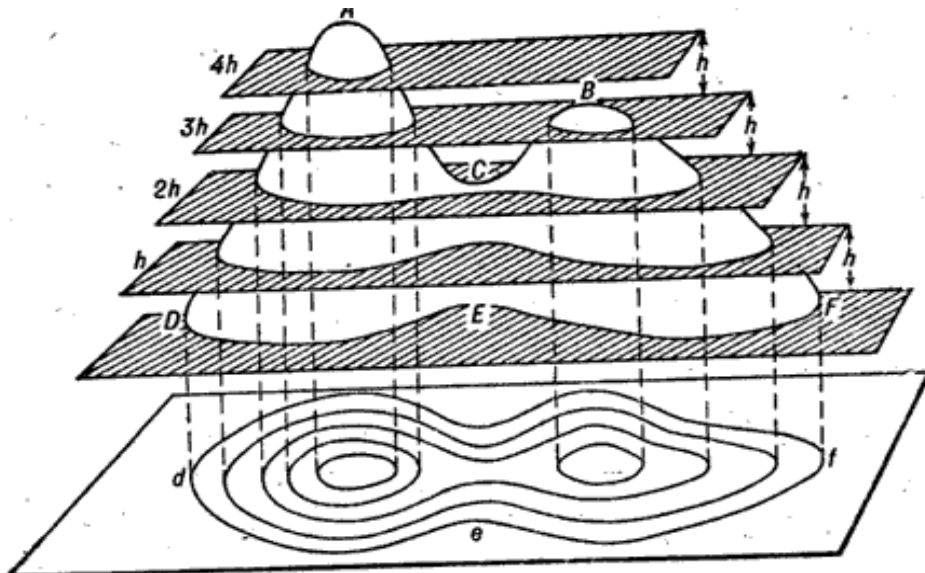


Рис.8.1. Сущность изображения рельефа горизонталями

Из рис. 8.1 видно, что способ изображения рельефа горизонталями позволяет не только правильно отображать формы рельефа, но и определять высоты отдельных точек земной поверхности по высоте сечения рельефа и крутизне скатов.

**Высота сечения рельефа** - это разность высот двух смежных секущих

поверхностей. На карте она выражается разностью высот двух смежных горизонталей. В пределах листа карты высота сечения рельефа, как правило, является постоянной. На рис. 8.2 показан вертикальный разрез (профиль) ската.

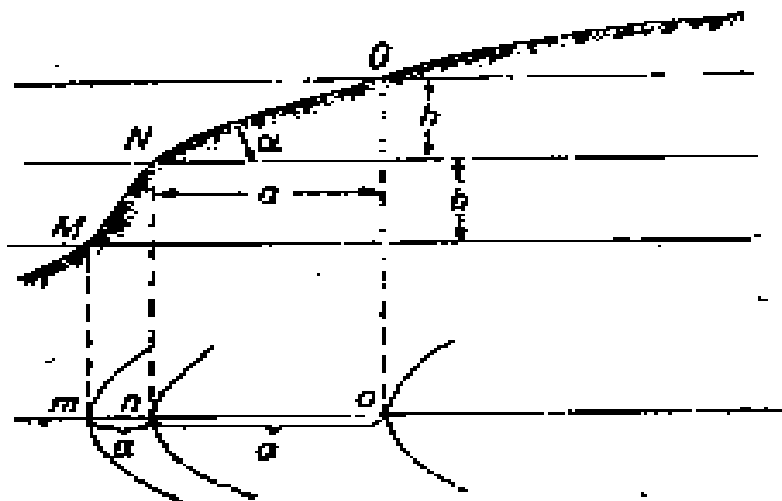


Рис.8.2. Профиль ската

Через точки М, N, O проведены уровенные поверхности на расстоянии друг от друга, равном высоте сечения  $h$ . Пересекая поверхность ската, они образуют кривые линии, ортогональные проекции которых в виде трех горизонталей показаны в нижней части рис. 8.2. Расстояния  $mn$  и  $no$  между горизонталями являются проекциями отрезков MN и NO ската. Эти проекции называются *заложениями горизонталей*.

**Определение высот точек.** Абсолютную высоту какой-либо точки местности, отметка которой на карте не подписана, определяют по отметке ближайшей к ней горизонтали.

Например, отметку горизонтали  $a$  (рис.8.3) можно определить по отметке высоты 197,4 и высоте сечения рельефа 10 м.



Рис.8.3. Определение отметки горизонтали по отметке точки

Отметка горизонтали *a* равна 190 м. Зная отметку горизонтали *a*, можно легко определить отметки всех других горизонталей. Так, горизонталь *b* будет иметь отметку 160 м, так как она расположена ниже горизонтали *a* на величину, равную трем высотам сечения рельефа (30 м). В случае, когда точка расположена между горизонталями, находят высоту ближайшей к ней горизонтали и к полученной высоте прибавляют превышение данной точки над горизонталью (см.определение высот точек, лежащих между горизонталями).

При изучении рельефа, изображенного на карте, необходимо учитывать следующие особенности:

- а) бергштрихи на горизонталях всегда направлены в сторону понижения;
- б) основания цифр, которыми подписаны горизонталы, располагаются в направлении понижения рельефа;
- в) к водоемам и водостокам местность понижается;
- г) горизонталы перегибаются на водораздельных линиях хребтов и на тальвегах ложин;

3) определить координаты точек местности, представленных на фрагментах карты масштаба 1:10000 (рис. 8.4, а и 8.4,б).

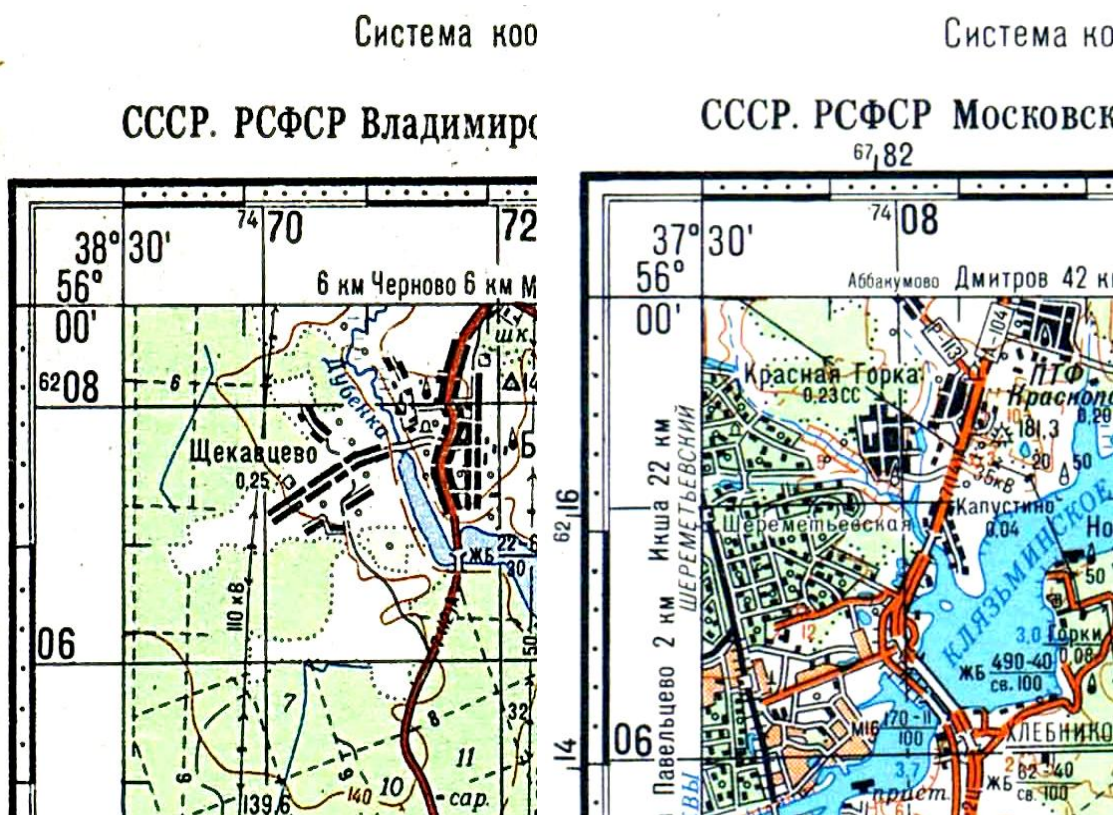


Рис. 8.4. Фрагменты карт № 1 и № 2



Система координат 194

СССР. РСФСР Московская обл.

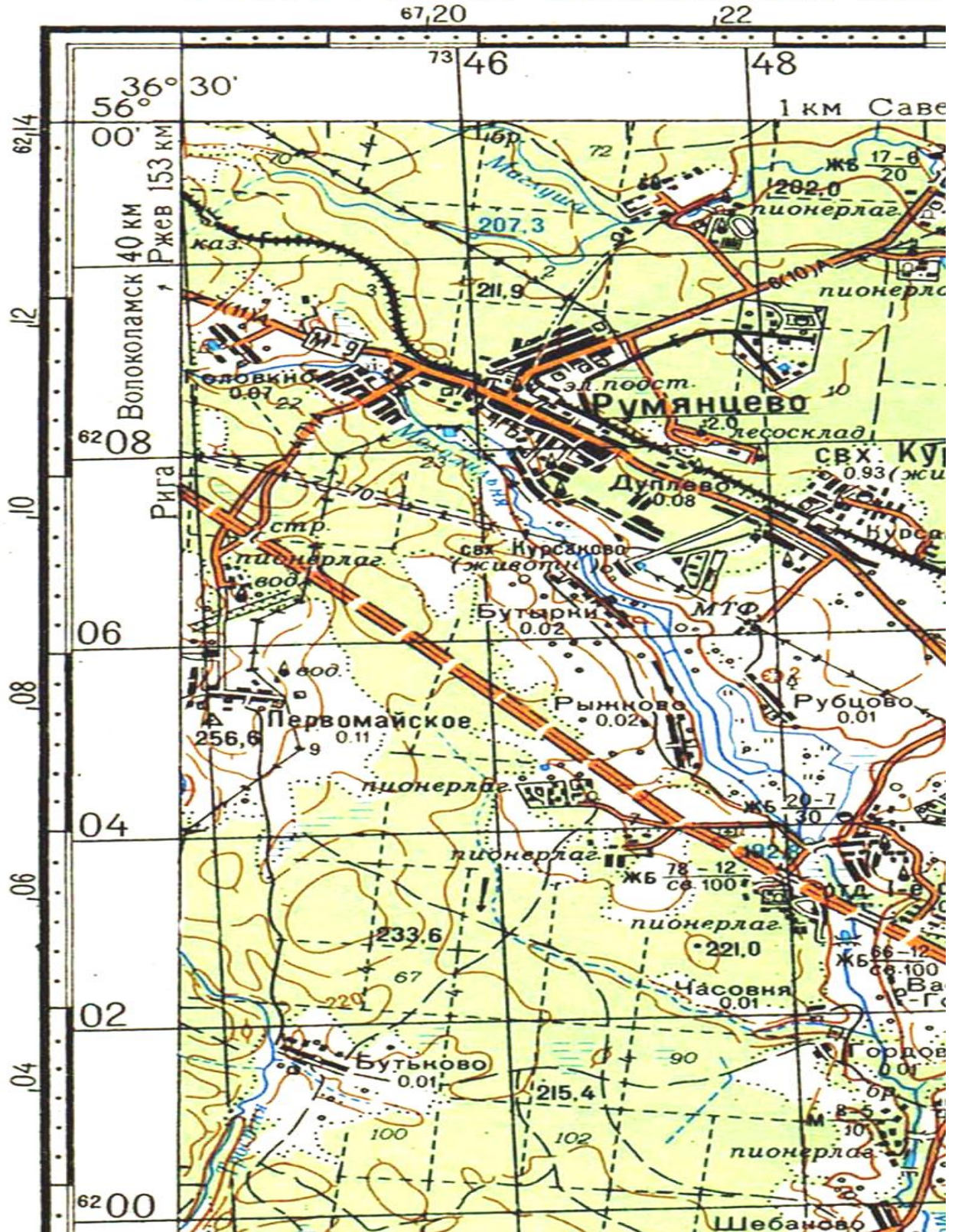


Рис. 8.4 (окончание). Фрагмент карты № 3



## Порядок определения географических координат

Лист карты ограничен рамкой, образованной географическими координатами ( $\varphi$  - широтой и  $\lambda$  - долготой) (рис. 8.5, 8.6).

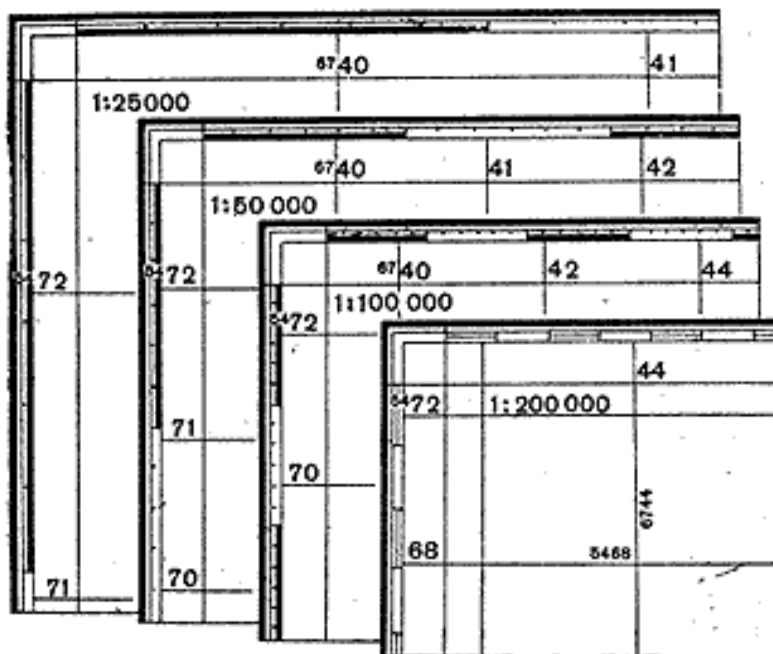


Рис. 8.5. Координатная сетка на картах разных масштабов

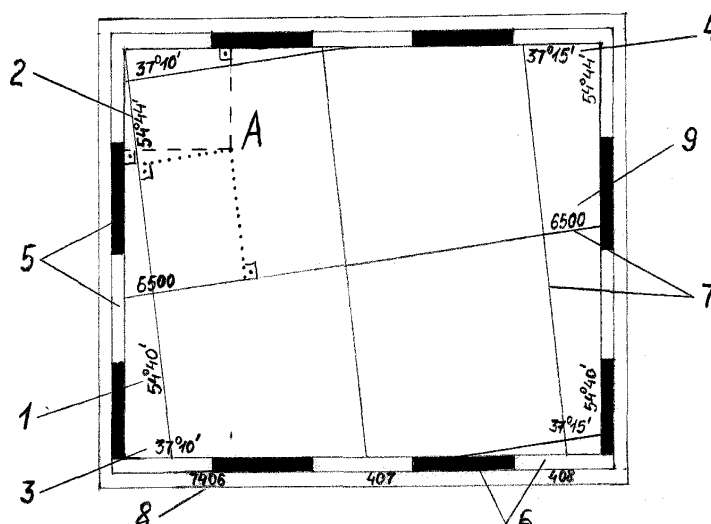


Рис. 8.6. Разграфка листа карты для определения координат точек:

- |                                 |   |
|---------------------------------|---|
| 1 - широта нижнего края рамки;  | 5 - отрезки, соответствующие минутам широты;        |
| 2 - широта верхнего края рамки; | 6 - отрезки, соответствующие минутам долготы;       |
| 3 - долгота левого края рамки;  | 7 - линии километровой сетки;                       |
| 4 - долгота правого края рамки; | 8,9 - цифровые обозначения линий километровой сетки |

Черными и белыми полосами на рамке карты показаны отрезки, соответствующие минутам широты и долготы.

Для определения географических координат точки необходимо провести через нее перпендикуляр на ближайшие стороны рамки карты (верхнюю или нижнюю и левую или правую) и отсчитать количество целых минут от угла рамки (рис. 8.2). Десятые доли минут определяют из соотношения

$$\begin{aligned} L &= 60'' \\ A &= x'' \end{aligned} \quad (8.1)$$

Географические координаты точки «А» (точка указывается преподавателем каждому студенту отдельно) равны:

Широта - .....<sup>0</sup>.....<sup>'</sup>.....<sup>''</sup> с. ш.; Долгота - .....<sup>0</sup>.....<sup>'</sup>.....<sup>''</sup> в. д..

### Определение прямоугольных координат

На листе карты имеется сетка зональных координат, образованная линиями, параллельными и перпендикулярными осевому меридиану данной зоны. Линии сетки подписаны на рамке карты (рис. 8.2, 8.3). Например, одна из горизонтальных линий сетки подписана 6540. Это расстояние в километрах от экватора до данной линии. Вертикальная линия сетки подписана – 7406. Цифра 7 в данном случае означает номер зоны, в которой находится лист карты, и при расчетах опускается. Число 406 – это увеличенное на 500 км значение «У».

Для определения прямоугольных координат точки из нее необходимо опустить перпендикуляры на ближайшие линии сетки и измерить координаты, определив сначала число целых километров (они подписаны на каждой линии), а затем значение метров, определив их простым интерполированием (рис.8.7).

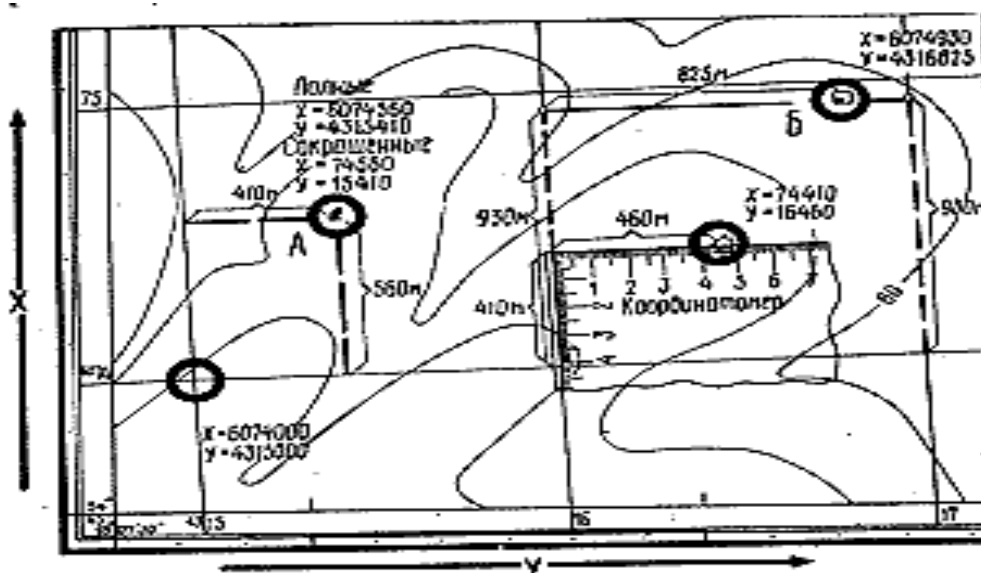


Рис. 8.7. Определение географических и прямоугольных координат точки

## Измерение дирекционных углов и азимутов линий

Дирекционный угол заданной преподавателем линии измеряют с помощью транспортира относительно восточной или западной вертикальной линии километровой сетки. Азимут линии определяют относительно восточной или западной стороны рамки карты (рис. 8.8).

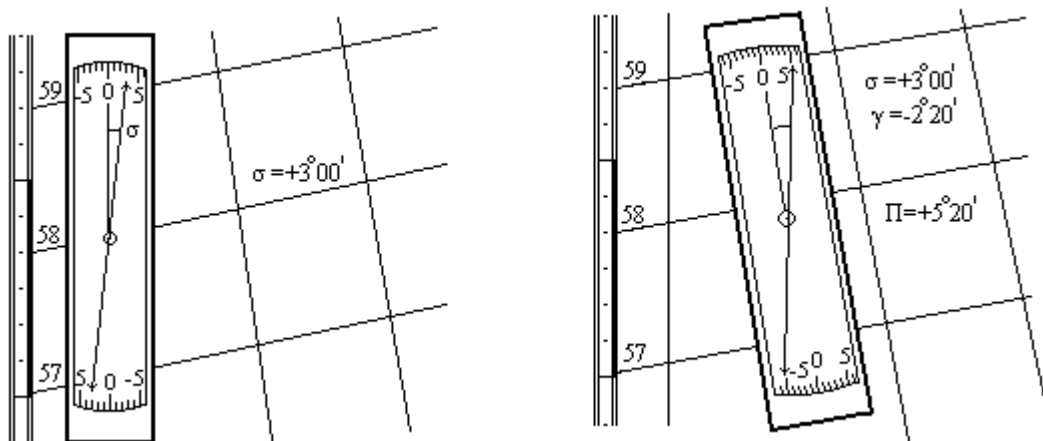


Рис. 8.8. Определение дирекционных углов и азимутов линий по карте

### Измерение длин линий

Длины отрезков между заданными точками измеряются при помощи линейного или поперечного масштабов. Ломаные линии измеряются по частям путем наращивания раствора циркуля.

Извилистые линии также можно измерять, как ломаные, но более точные результаты дает способ профессора Ю.М. Шокальского, по которому извилистые линии измеряются циркулем с постоянным раствором. Формула для определения длины линии имеет вид

$$d = m_T D_{cp} K, \quad (8.2)$$

где  $m_T$  - число тысяч в знаменателе масштаба карты;  $D_{cp}$  - среднее из прямого и обратного измерений в мм;  $K$  - коэффициент извилистости линии, определяемый по специальным таблицам.

Извилистые линии могут быть измерены и с помощью портативных приборов, называемых **курвиметрами**.

Плавные кривые линии измеряются курвиметром с ошибкой около 2 %; при увеличении кривизны линии ошибка возрастает до 10 % и более. При коэффициенте извилистости линии более 1,11 курвиметр непригоден.

### Определение высот точек по горизонталям

Отметка точки, расположенной на горизонтали, равна отметке этой горизонтали. Если же точка находится между горизонталями (рис. 8.9), то ее высоту вычисляют по формуле

$$H = H_0 + h, \quad (8.3)$$

где  $H_0$  – отметка ближайшей к точке горизонтали;  $h$  – превышение точки над горизонталью.

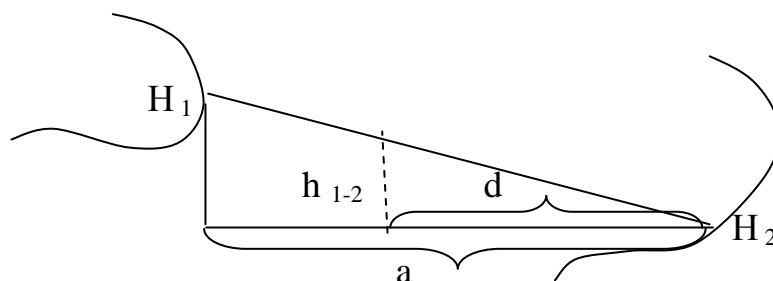


Рис. 8.9. Определение высот точек по горизонталям

Считая, что высота между соседними горизонталями меняется пропорционально заложению, для вычисления  $h$  используют формулу

$$h = \frac{d}{a} h_{1-2}, \quad (8.4)$$

где  $a$  – заложение между соседними горизонталями;  $d$  – расстояние от точки до ближайшей горизонтали;  $h_{в.с.}$  – высота сечения рельефа.

### Вычисление объемов земляных масс и определение границ бассейна

Объемы характерных форм рельефа можно вычислить по горизонталям (горы, котлованы), рассматривая их как усеченные конусы:

$$V = \frac{1}{2} (S_H + S_B) h_{в.с.}, \quad (8.5)$$

где  $S_H$  и  $S_B$  – площади нижнего и верхнего оснований усеченного конуса, определяемые горизонталями;  $h_{в.с.}$  – высота сечения этих горизонталей.

При сложной конфигурации горизонталей для вычисления объемов применяют формулу Н.Г. Келля:

$$V = \left[ \frac{1}{6} (S_H + S_B) + \frac{2}{3} S_{дп} \right] h_{в.с.}, \quad (8.6)$$

где  $S_{дп}$  – площадь, ограниченная дополнительной горизонталью.

**Бассейном** называется водосборная площадь местности, границами которой являются водораздельные линии.

Следовательно, чтобы определить границы бассейна, необходимо, используя горизонтали, провести водораздельные линии (рис. 8.10).

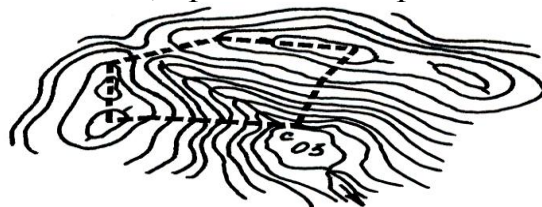


Рис. 8.10. Определение площади бассейнов

## Способы измерения площадей по планам и картам

Измерение площадей может производиться графическим, аналитическим и механическим способами.

**Графический** способ заключается в разбивке участка на плане на простейшие фигуры (треугольники, четырехугольники и т.п.), вычислении их площадей и последующем суммировании.

При определении площадей участков с криволинейными границами применяют палетки, изготовленные из прозрачного материала, на которые наносится сетка квадратов со сторонами в 2 – 4 мм.

Аналитический способ измерения площадей заключается в предварительном определении координат вершин геометрических фигур и вычислении площади по формуле

$$S = \frac{1}{2} \sum_1^n y_i(x_{i-1} - x_{i+1}) = \frac{1}{2} \sum_1^n x_i(y_{i+1} - y_{i-1}) \quad (8.7)$$

при  $i=1,2,3\dots n$ , которая читается так: площадь полигона равна полусумме произведений ординат каждой точки на разность абсцисс предыдущей и последующей точек или полусумме произведений абсцисс каждой точки на разность ординат последующей и предыдущей точек.

**Механический** способ измерения площадей основан на использовании специального прибора - **планиметра**. Этот способ имеет широкое применение.

Планиметр состоит из двух рычагов - полюсного  $P_1$  и обводного  $P_2$  (рис.8.11). На обводном рычаге имеется передвижная каретка со счетным механизмом. Обводной рычаг имеет ручку со шпилем для обвода контуров.

Перед измерением обводной шпиль устанавливают над какой-либо точкой контура и по счетному механизму делают начальный отсчет  $U_1$ , и после обвода контура делают конечный отсчет  $U_2$ .

Искомая площадь вычисляется по формуле

$$S = C (U_2 - U_1) , \quad (8.8)$$

где  $C$  – цена деления планиметра.

Точность графического способа зависит от формы фигуры, состояния прибора, точности определения цены деления и деформации бумаги.

Ошибка измерения площади определяется формулой

$$\Delta S = C (0,68 \sqrt{n} + 0,028 \sqrt{n}) , \quad (8.9)$$

где  $n$  - число делений, соответствующих обводимой площади.

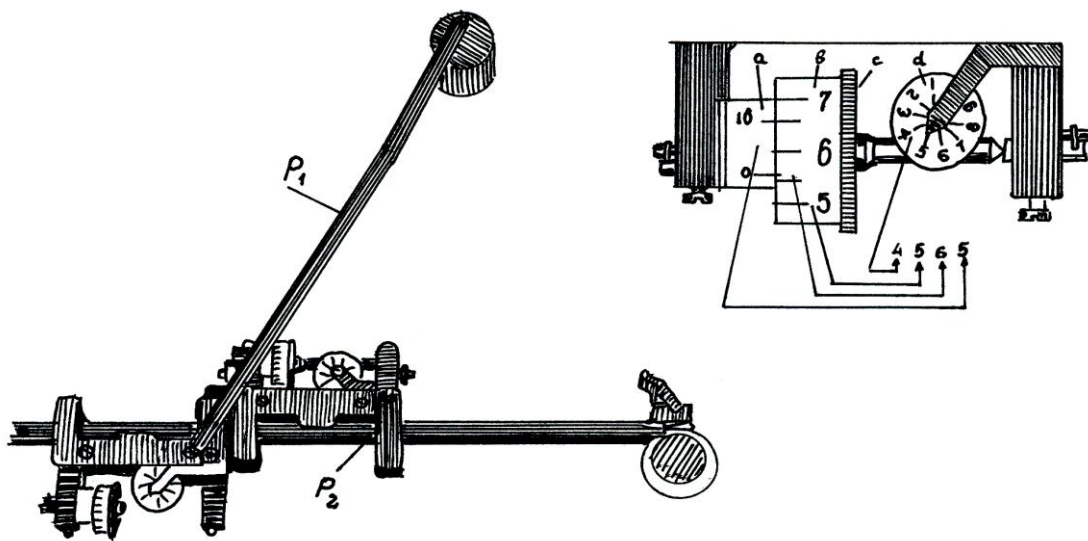


Рис. 8.11. Полярный планиметр

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Условные знаки для топографических планов.-М.:Недра, 1988 – 144с
2. Б.А. Попов Курс инженерной геодезии. Часть 1.
3. Учебное пособие Б.А. Попов, А.Д. Баранников ВГАСУ – Воронеж, 2002.- 94 с.
4. Б.А. Попов Методические указания к выполнению лабораторных работ. Воронежский ГАСУ – Воронеж, 2008.- 32 с.

## Оглавление

Введение.....	3
Лабораторная работа №1. Линейные измерения механическими мерными приборами .....	3
Лабораторная работа №2. Угловые измерения .....	6
Лабораторная работа №3. Поверки теодолита .....	8
Лабораторная работа №4. Решение инженерных задач с помощью теодолита .....	10
Лабораторная работа №5. Высотные измерения .....	12
Лабораторная работа №6. Поверки нивелира .....	15
Лабораторная работа №7. Решение инженерных задач с помощью нивелира .....	19
Лабораторная работа №8. Планы и карты .....	21
Библиографический список .....	27

## Геодезия

Методические указания  
к выполнению лабораторных работ.  
для студентов 1 курса  
направления подготовки бакалавров  
270800.62 «Строительство», 270900.62 «Градостроительство»

Составители: к.с.-х.н., доц. Попов Борис Алексеевич  
Кириенко Марина Александровна  
асс. Покидышева Юлия Васильевна

Подписано в печать 3.12.2013. Формат 60x84 1/8.

Уч. изд. л. 2.0. Усл. печ. л. 2.1. Бумага писчая. Тираж 300 экз. Заказ № 558

---

Отпечатано: отдел оперативной полиграфии издательства учебной литературы и учебно-методических пособий Воронежского ГАСУ  
394006 Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84.