

**Федеральное агентство по образованию**

Методические  
указания



**ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**УТВЕРЖДАЮ**

Директор ИГНД ТПУ

\_\_\_\_\_ **А.К. Мазуров**

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ **2006**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

**к выполнению лабораторных работ**

**по дисциплине «ГЕОДЕЗИЯ И ТОПОГРАФИЯ»**

для студентов дневного обучения направления 130200 «Технологии  
геологической разведки»

специальностей: 130201 «Геофизические методы поиска и разведки  
месторождений полезных ископаемых», 130202 «Геофизические  
методы исследования скважин»

**Институт геологии и нефтегазового дела**

Томск 2006

Методические  
указания



УДК 681.783.2 (076.5)

Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине **«Геодезия и топография»** для студентов **дневного обучения** направления 130200 «Технологии геологической разведки» специальностей 130201 «Геофизические методы поиска и разведки месторождений полезных ископаемых» и 130202 «Геофизические методы исследования скважин»

ИГНД – Томск: Изд-во. ТПУ, 2006 – **83** с.

Составители: доцент, к.г.-м.н

Передерин В.М.

доцент, к.г.-м.н.

Антропова Н.А.

доцент, к.х.н.

Чухарева Н.В.

ассистент

Шадрина А.В.

Рецензент: доцент, к.т.н.

Панкратов А.В.

Методические указания рассмотрены и рекомендованы к изданию методическим семинаром кафедры транспорта и хранения нефти и газа (ТХНГ) «4 марта» 2005 г., протокол методического семинара №   3  

Зав. кафедрой ТХНГ доцент, к.т.н. \_\_\_\_\_ А.В. Рудаченко

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

**Тема: *Топографические карты и планы. Масштабы. Условные знаки. Линейные измерения на топографических картах и планах***

**Цель: *Ознакомиться с топографическими картами и планами, масштабами, видами условных знаков. Освоить измерение и построение отрезков с помощью графических масштабов***

### **1. Топографический план и топографическая карта**

Топографическая карта является необходимым документом, на основе которого решаются инженерно-геодезические задачи для обеспечения геофизических работ на местности. Отсюда обязательным является умение читать топографические карты и использовать эти данные для решения различных геодезических задач (построение опорной геодезической основы для проведения съёмочных и разбивочных работ, составление крупномасштабных планов и профилей для проектирования инженерных сооружений и т. д.).

*Топографическая карта* – уменьшенное обобщенное изображение в условных знаках на бумаге горизонтальных проекций контуров искусственных и естественных объектов и рельефа значительного по размеру участка Земли с учётом её сферичности.

По содержанию карты бывают следующих видов:

- *общегеографические* – на них земная поверхность показана во всём её многообразии;
- *специальные* разного назначения (карта почв, карта торфяных месторождений, карта растительности и т.д.), на которых с особой полнотой изображены отдельные элементы – почвы, торфяные месторождения, растительность и т. д.

По масштабам карты условно делят на три вида:

- *мелкомасштабные* (мельче 1:1000000);
- *среднемасштабные* (1:1000000 – 1:200000);
- *крупномасштабные* (масштаб от 1:100 000 до 1:10 000);

Масштабы планов – крупнее 1:10000.

*Топографический план* – это уменьшенное и подобное изображение на бумаге в условных знаках горизонтальных проекций контуров объектов и рельефа небольшого участка местности без учёта сферичности Земли.

По содержанию планы бывают двух видов:

- *контурные* (ситуационные) – на них изображены только местные объекты;
- *топографические* – изображены местные объекты и рельеф.

## 2. Условные знаки

Условные знаки, которые используются для обозначения на планах и картах различных предметов местности являются едиными для всей России и по характеру изображения подразделяются на 2 группы.

- *Масштабные (площадные) условные знаки* служат для изображения объектов, занимающих значительную площадь и выражающихся в масштабе карты или плана. Площадной условный знак состоит из знака границы объекта и заполняющих его значков или условной окраски. При этом предметы местности изображают с соблюдением масштаба, что дает возможность определить по плану или карте не только местоположение предмета, но и его размеры, форму.

- *Внемасштабными* называются такие условные знаки, которыми предметы местности изображаются без соблюдения масштаба карты или плана, что указывает только на характер и положение объекта в пространстве по его центру (колодцы, геодезические знаки, родники, столбы и т.п.). Эти знаки не позволяют судить о размерах изображаемых местных предметов. Например, на крупномасштабной карте города Томск представлен в виде контура (масштабно); на карте России в виде точки (внемасштабно).

По способу изображения на карте условные знаки делят на 3 подгруппы:

А. *Графические условные знаки* – линии различной конфигурации (сплошные, пунктирные, штрихпунктирные...), а также комбинации их в виде геометрических фигур. Графические условные знаки используют для изображения объектов линейного типа: дороги, реки, трубопроводы, линии электропередач и т.п., ширина которых меньше точности масштаба данной карты.

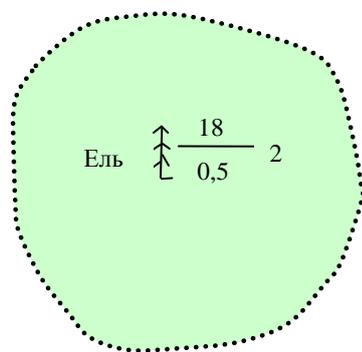


Рис.1 1. Пояснительный условный знак елового леса: 18 – высота деревьев, 0,5 – диаметр, 2 – расстояние между деревьями

Б. *Цветовые условные знаки*:

- отмывка цветом по контуру объекта;
- линии и объекты различного цвета.

В. *Пояснительные условные знаки* – дополняют другие условные знаки цифровыми данными, пояснительными надписями (рис. 1.1); ставятся у различных объектов, чтобы

охарактеризовать их свойство или качество, например: ширина моста, порода деревьев, средняя высота и толщина деревьев в лесу, ширина проезжей части и общая ширина дороги и т.п.

На топографических картах условные знаки указываются в строго определённой последовательности:

Пояснения к условным знакам приводятся всегда справа и только на учебных картах.

### 3. Масштабы

Горизонтальные проекции отрезков при составлении карт и планов изображают на бумаге в уменьшенном виде, т.е. в масштабе.

*Масштаб карты (плана)* – отношение длины линии на карте (плане) к длине горизонтальной проекции линии местности:

$$M = \frac{d_{\text{карты (плана)}}}{d_{\text{местности}}}. \quad (1)$$

Масштабы бывают численные и графические. Форма записи *численного масштаба*:

- *В виде простой дроби:*

$$M = \frac{1}{m}, \quad (2)$$

где  $m$  – степень уменьшения или знаменатель численного масштаба.

Например:  $M = 1/2000$  (или  $M = 1:2000$ ). Чем больше значение знаменателя численного масштаба  $m$ , тем больше степень уменьшения горизонтальных проекций линий местности и тем мельче масштаб плана или карты.

В геодезии наиболее часто применяются следующие масштабы: 1:200, 1:500, 1:1000, 1:2000, 1:5000 – для планов и 1:10000, 1:25000, 1:50000, 1:100000, 1:200000, 1:300000, 1:500000, 1:1000000 – для карт. Указанные соотношения показывают, что горизонтальные проекции линий местности уменьшены на плане соответственно в 500, 1000, 2000 и т. д. раз, т. е. отрезку в 1 см на плане соответствуют на местности длины: 500 см (5 м); 1000 см (10 м); 2000 см (20 м) и т. д.

- *В виде именованного соотношения*, например: в 1 см 20 м.

При помощи масштабов можно решать следующие задачи.

1. По длине отрезка на плане заданного масштаба определить длину линии на местности.

Пусть на карте  $M = \frac{1}{25000}$  расстояние между точками составляет 5 см. Определить горизонтальное проложение между этими же точками на местности.

Из соотношения  $M = \frac{d_{\text{к}}}{d_{\text{мест}}}$  следует:  $\frac{1}{25000} = \frac{5}{d_{\text{мест}}}$ ,

следовательно  $d_{мест.} = 25000 \cdot 5 = 75000 \text{ см} = 750 \text{ м}$ .

2. По длине горизонтальной проекции линии определить длину соответствующего отрезка на плане масштаба  $\frac{1}{m}$ .

Пусть горизонтальное проложение между двумя точками на местности равно 400 м. Определить расстояние между этими точками на плане  $M = 1:2000$ .

Из соотношения  $\frac{d_{пл}}{d_{мест}} = \frac{1}{m}$  найдём  $d_{пл} = \frac{1}{m} \cdot d_{мест}$ . Подставив известные значения, получим:

$$d_{пл} = \frac{1}{2000 \text{ см}} \cdot 400 \text{ м} = \frac{1}{20 \text{ м}} \cdot 400 \text{ м} = 20 \text{ м}.$$

Для того чтобы избежать вычислений и ускорить работу, а также повысить точность измерений на картах и планах, пользуются *графическими масштабами*: *линейным* (рис. 1.2) и *поперечным* (рис. 1.3).

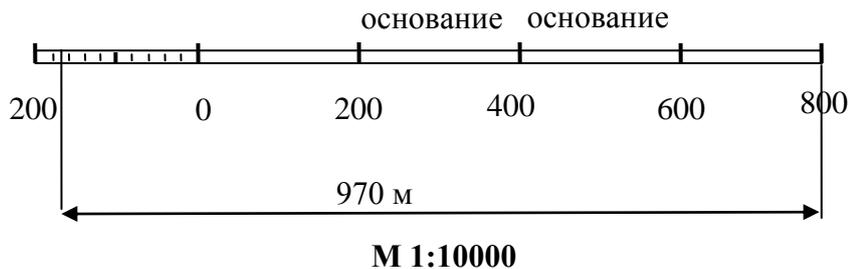


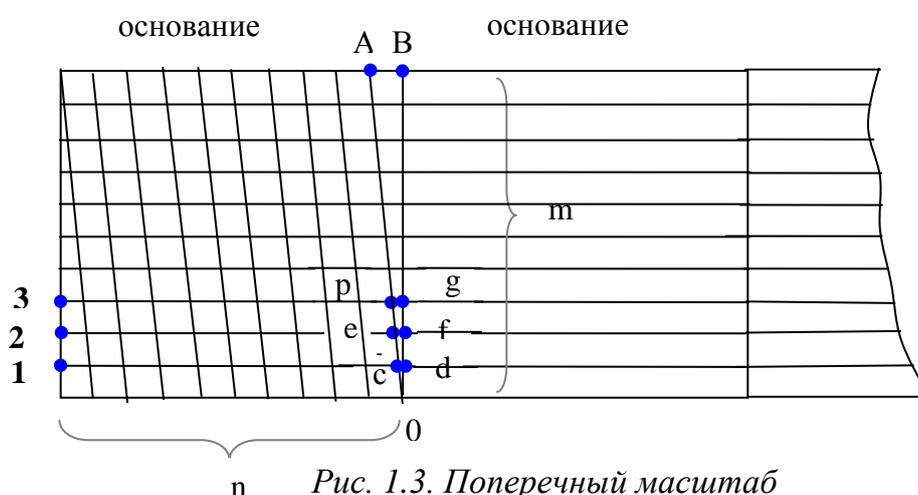
Рис. 1.2. Линейный масштаб

Линейный масштаб – графическое изображение численного масштаба в виде прямой линии.

Для построения линейного масштаба на прямой линии откладывают ряд отрезков одинаковой длины. Исходный отрезок называется *основанием масштаба*. Крайнее основание делят на части (обычно на 10 частей). Затем линейный масштаб подписывают, исходя из того численного масштаба, для которого он строится (рис. 1.3 для  $M = 1:10000$ ). Линейный масштаб позволяет оценить отрезок с точностью в 0,1 доли основания точно и до 0,01 доли основания на глаз (для данного масштаба).

Для более точных измерений пользуются *поперечным масштабом*, имеющим на линейном масштабе дополнительное построение по вертикали (рис. 1.3), т.е. поперечный масштаб является разновидностью линейного масштаба.

После откладывания необходимого количества оснований масштаба (обычно длиной 2 см, и тогда масштаб называется нормальным) восстанавливают перпендикуляры к исходной линии и делят их на равные отрезки (на  $m$  частей). Если основание разделено на  $n$  равных частей и точки деления верхнего и нижнего основания соединены наклонными линиями так, как показано на рисунке 1.3, то отрезок  $CD = \frac{AB}{m} = \frac{\text{основание}}{mn}$ . Соответственно, отрезок  $ef = 2cd$ ,  $pg = 3cd$  и т.д. Если  $m = n = 10$ , то  $cd = 0,01$  основания, т.е. такой поперечный масштаб позволяет оценить отрезок точно в 0,01 доли основания, и до 0,001 доли основания – на глаз.



Поперечный масштаб гравировать на металлических линейках, которые называются масштабными. Перед применением масштабной линейки следует оценить основание и его доли по следующей схеме.

Пусть численный масштаб 1:5000, именованное соотношение будет: в 1 см 50 м. Если поперечный масштаб нормальный (основание 2 см), то:

- одно целое основание масштаба (о.м.) – 100 м;
- 0,1 основания масштаба – 10 м;
- 0,01 основания масштаба – 1 м;
- 0,001 основания масштаба – 0,1 м.

#### 4. Точность масштаба

Точность масштаба даёт возможность определить, какие предметы местности можно изобразить на плане, а какие нет из-за их маленьких размеров. Решается и обратный вопрос: в каком масштабе надо составить план, чтобы предметы, имеющие, например, размеры 5 м, были изображены на плане. Для того чтобы в конкретном случае можно было принять определённое решение, вводится понятие

*точности масштаба.* При этом исходят из физиологических возможностей человеческого глаза. Принято, что измерить расстояние, пользуясь циркулем и масштабной линейкой, точнее, чем 0,1 мм, в данном масштабе невозможно (таков диаметр кружка от остро отточенной иглы). Поэтому под *предельной точностью масштаба* понимают длину отрезка на местности, соответствующую 0,1 мм на плане данного масштаба.

Практически принимается, что длина отрезка на плане или карте может быть оценена с точностью  $\pm 0,2$  мм. Горизонтальное расстояние на местности, соответствующее в данном масштабе 0,2 мм на плане, называется *графической точностью масштаба*. Следовательно, в этом масштабе (1:2000) наименьшие различия, которые можно выявить графически, составляют 0,4 м. Точность некоторых других масштабов приведена в табл. 1.1.

Точность поперечного масштаба совпадает с точностью графического масштаба.

Таблица 1.1

Сравнительная точность некоторых масштабов

Масштаб \ Точность масштаба, м	1:500	1:1000	1:2000	1:5000	1:10000	1:25000	1:50000	1:100000
предельная (0,1 мм)	0,05	0,1	0,2	0,5	11,0	22,5	5,0	10,0
графическая (0,2мм)	0,1	0,2	0,4	1,0	22,0	55,0	10,0	20,0
поперечного масштаба (0,01 о.м.)	0,1	0,2	0,4	1,0	22,0	55,0	10,0	20,0
линейного масштаба (0,1 о.м.)	1	2	4	10	20	50	100	200

## 5. Линейные измерения на топографических картах и планах

Отрезки, длину которых определяют по карте или плану, могут быть прямолинейными и криволинейными. Однако во всех случаях надо иметь в виду, что для получения необходимой точности измерений угол между плоскостью карты и каждой ножкой измерителя

не должен быть меньше  $60^\circ$ , а измерение длины отрезка проводят не менее двух раз.

### 5.1. Измерение линейных отрезков

Определить линейные размеры объекта на карте или плане возможно с помощью:

- линейки и численного масштаба;
- циркуля-измерителя и линейного масштаба;
- циркуля-измерителя и поперечного масштаба.

Измерим отрезок по карте масштаба 1:10000 разными способами и сравним результаты.

Измеряя отрезок *линейкой* получим, например, 98 мм, или в масштабе – 980 м. Оценивая точность линейных измерений следует учесть, что линейкой можно измерить отрезок длиной *не менее 0,5 мм* – это величина погрешности линейных измерений при помощи линейки.

Измерение отрезков *с помощью линейного масштаба* проводят в следующем порядке:

- взять в раствор циркуля-измерителя отрезок, который необходимо измерить;
- приложить раствор циркуля к основанию линейного масштаба, при этом его правую ножку совместить с одним из штрихов основания так, чтобы левая ножка поместилась на основании влево от нуля (на дробном основании);
- посчитать количество целых и десятых долей основания масштаба:

$$1 \text{ (о.м.)} \cdot 4 + 0,1 \text{ о.м.} \cdot 8 + 0,01 \text{ о.м.} \cdot 5 = 970 \text{ м.}$$

Измерение расстояний *с помощью поперечного масштаба* проводят в следующем порядке (*рис. 1.4*):

- оцифровывают поперечный масштаб (нормальный) в масштабе карты (в данном случае 1:10000):

*в 1 о.м. – 200 метров;*

*в 0,1 о.м. – 20 метров;*

*в 0,01 о.м. – 2 метра;*

*в 0,001 о.м. – 0,2 метра.*

- Берут в раствор циркуля-измерителя отрезок, который необходимо измерить, прикладывают к основанию поперечного масштаба. При этом правую ножку ставят на один из подписанных перпендикуляров так, чтобы и левая ножка оказалась на основании;

- поднимают обе ножки измерителя вверх до совпадения левой ножки с каким-либо делением наклонной насечки левого основания масштаба;
- подсчитывают число целых оснований по порядковому номеру перпендикуляра; число десятых долей основания – по порядковому номеру наклонной линии; число сотых – по числу делений между основанием и линией, на которой располагаются ножки циркуля; число тысячных (на глаз) – вертикальный отрезок делится на 10 частей и берётся необходимое количество частей.

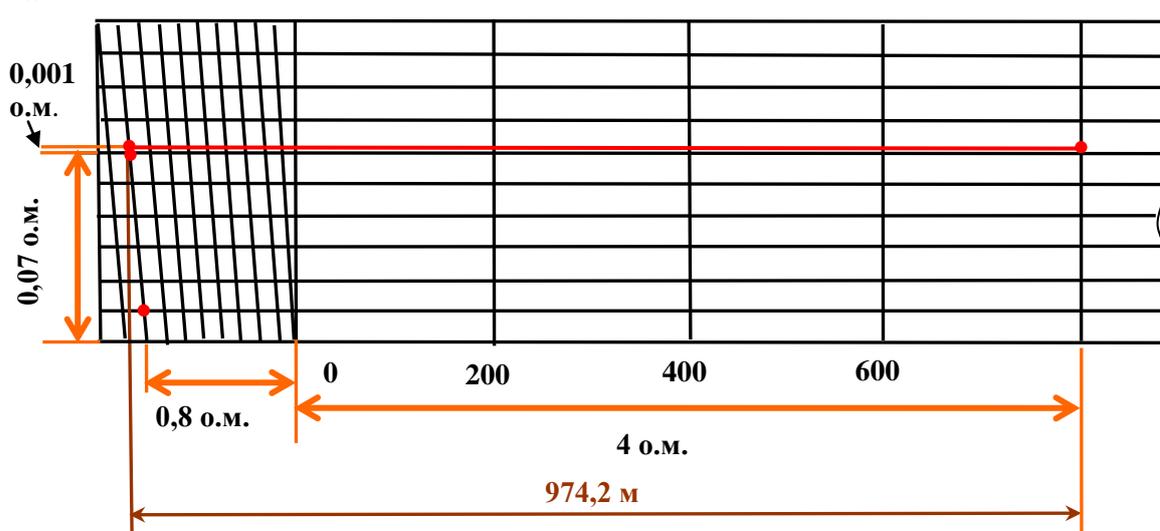


Рис. 1.4. Измерение отрезка с помощью поперечного масштаба

Запись ведём в следующем виде:

в 1 о.м. – 200 метров	· 4 = 800 м
в 0,1 о.м. – 20 метров	· 8 = 160 м
в 0,01 о.м. – 2 метра	· 7 = 14 м
в 0,001 о.м. – 0,2 метра	· 1 = 0,2 м
	974,2 м

При сравнении результатов измерений одного и того же отрезка с помощью линейки, линейного и поперечного масштабов видно, что более точное число получили при измерении отрезка с помощью поперечного масштаба. Таким образом, работа с поперечным масштабом позволяет более точно (до сотых долей основания масштаба точно и до тысячных долей основания масштаба на глаз) провести линейные измерения.

*Пример 1.* Измерить с помощью поперечного масштаба отрезок в масштабах 1:500 и 1:2000.

1. Оцифровываем масштаб 1:500, измеряем и вычисляем длину отрезка.

$$\begin{array}{l|l}
 \text{в } 1 \text{ о.м.} - 10 \text{ метров} & \cdot 3 = 30 \text{ м} \\
 \text{в } 0,1 \text{ о.м.} - 1 \text{ метр} & \cdot 5 = 5 \text{ м} \\
 \text{в } 0,01 \text{ о.м.} - 0,1 \text{ метра} & \cdot 1 = 0,1 \text{ м} \\
 \text{в } 0,001 \text{ о.м.} - 0,01 \text{ метра} & \cdot 3 = \underline{0,03 \text{ м}} \\
 & 35,13 \text{ м.}
 \end{array}$$

2. Оцифровываем масштаб 1:2000, измеряем и вычисляем длину отрезка.

$$\begin{array}{l|l}
 \text{в } 1 \text{ о.м.} - 40 \text{ метров} & \cdot 3 = 120 \text{ м} \\
 \text{в } 0,1 \text{ о.м.} - 4 \text{ метра} & \cdot 5 = 20 \text{ м} \\
 \text{в } 0,01 \text{ о.м.} - 0,4 \text{ метра} & \cdot 1 = 0,4 \text{ м} \\
 \text{в } 0,001 \text{ о.м.} - 0,04 \text{ метра} & \cdot 3 = \underline{0,12 \text{ м}} \\
 & 140,52 \text{ м.}
 \end{array}$$

## 5.2. Построение отрезков заданной длины с помощью поперечного масштаба

Пусть требуется отложить в масштабе 1:5000 отрезок, длина которого составляет 173,3 м. Последовательность работы:

1. Сделать роспись в соответствии с масштабом карты (1:5000):

$$\begin{array}{l}
 \text{в } 1 \text{ о.м.} - 100 \text{ метров} \\
 \text{в } 0,1 \text{ о.м.} - 10 \text{ метров} \\
 \text{в } 0,01 \text{ о.м.} - 1 \text{ метр} \\
 \text{в } 0,001 \text{ о.м.} - 0,1 \text{ метра}
 \end{array}$$

2. Вычислить количество целых, десятых, сотых и тысячных долей основания масштаба:

$$\begin{array}{l|l}
 \text{в } 1 \text{ о.м.} - 100 \text{ метров} & \cdot 1 = 100 \text{ м} \\
 \text{в } 0,1 \text{ о.м.} - 10 \text{ метров} & \cdot 7 = 70 \text{ м} \\
 \text{в } 0,01 \text{ о.м.} - 1 \text{ метр} & \cdot 3 = 3 \text{ м} \\
 \text{в } 0,001 \text{ о.м.} - 0,1 \text{ метр} & \cdot 3 = \underline{0,3 \text{ м}} \\
 & 173,3 \text{ м}
 \end{array}$$

3. Набрать на циркуле-измерителе с помощью поперечного масштаба вычисленное количество целых, десятых, сотых и тысячных долей основания масштаба. В данном случае взять в раствор измерителя: одно целое основание масштаба, 7 десятых, 3 сотых оснований масштаба и глазомерно расположить ножки измерителя между горизонтальными линиями 3 и 4 так, чтобы линия *АВ* отсекала примерно 3 промежутка между этими линиями (отрезок *ДЕ*) (рис. 1.5).

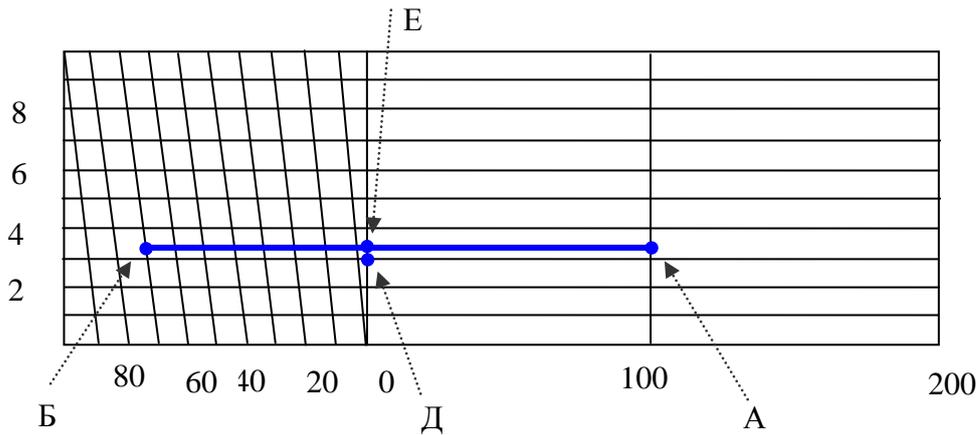


Рис. 1.5. Построение отрезка заданной длины с помощью поперечного масштаба<sup>1</sup>:  $d_{AB} = 173,3$  м.

4. Оформить отрезок на бумаге – проколоть лист бумаги и обвести полученные две точки кружками. Диаметр кружков составляет 1,5–2 мм (рис. 1.6).



Рис. 1.6. Оформление отрезка заданной длины

### 5.3. Измерение длины ломаных отрезков

Ломаные отрезки измеряют по частям или способом наращивания (рис. 1.7): установить ножки измерителя в точках  $a$  и  $b$ , уложить линейку по направлению  $b-v$ , переместить ножку измерителя из точки  $a$  в точку  $a_1$ , добавить отрезок  $b-v$  и т.д.

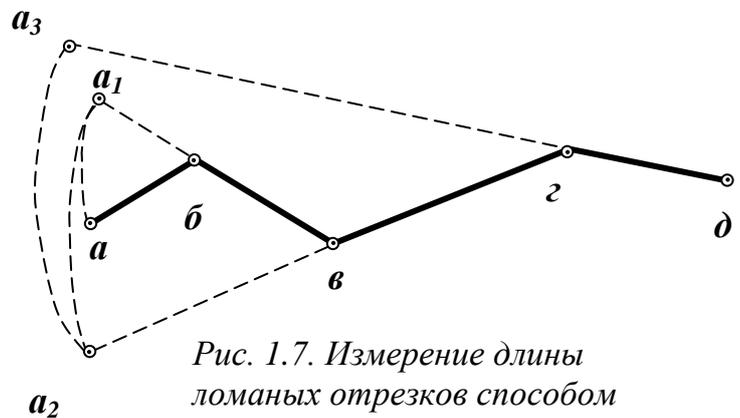


Рис. 1.7. Измерение длины ломаных отрезков способом наращивания

5.4. Измерение криволинейных отрезков возможно несколькими способами:

- с помощью курвиметра (приблизительное);
- способом наращивания;

<sup>1</sup> Поперечный масштаб нормальный, то есть в одном основании масштаба 2 см, однако сам рисунок увеличен.

- измерителем с постоянным раствором.

Совместив стрелку курвиметра с нулём, ставят курвиметр на карту и прокатывают колёсико курвиметра по измеряемой линии, снимают отсчёт. Затем всё повторяют в обратном направлении. Если разница между отсчётами будет более 1:50 длины линии, находят среднее из них.

При измерении курвиметром слабоизвилистых линий относительная погрешность равна 1–2 %. С увеличением извилистости ошибка возрастает.

Более точное измерение длины извилистой линии производится с помощью *циркуля–измерителя с постоянным раствором* или *способом наращивания* (здесь измеряют малые хорды, на которые делится криволинейный отрезок).

Перед применением *измерителя с постоянным раствором* принимают произвольное расстояние между его ножками (порядка 2–5 мм). Затем определяют величину раствора такого циркуля следующим образом. Откладывают величину раствора вдоль отрезка прямой линии 10–20 раз, измеряют полученную длину в масштабе карты по поперечному масштабу и делят на число отложений:

$$d_{\text{рц}} = \frac{d_{\text{изв.}}}{n}, \quad (3)$$

где  $n$  – число перестановок циркуля.

Таким циркулем необходимо аккуратно «прошагать» измеряемую линию в прямом и обратном направлениях. Если число «шагов» будет различаться не более чем на 1:50 всей длины, найти среднее значение и умножить его на раствор циркуля. Точность измерения повышается с уменьшением раствора циркуля.

## 6. Задание

Для выполнения предложенных заданий используют учебную топографическую карту с номенклатурой листа У-35-38-А-в-3.

### *Вариант 1*

1. Известна длина линии на карте (2,14 см) и на местности (4280,0 м). Определить численный масштаб карты.
2. Написать именованный масштаб, соответствующий численному 1:500, 1:25000.
3. На плане М 1:5000 отобразить объект, длина которого на местности - 30 м. Определить длину объекта на плане в мм.
4. Определить предельную и графическую точность масштаба 1:1000.

5. При помощи циркуля-измерителя и нормального поперечного масштаба отложить на листе бумаги отрезок 74,4 м в масштабе 1:2000.
6. Определить с помощью поперечного масштаба расстояния между абсолютными отметками точек – 129,2 и 122,1 (квадрат 67-12 учебной карты).
7. Измерить длину ручья (до р. Голубая) (квадрат 64-11) с помощью курвиметра и циркулем-измерителем с раствором 1 мм. Сравнить результаты.

*Вариант 2*

1. Известна длина линии на карте (2,48 см) и на местности (620,0 м). Определить численный масштаб карты.
2. Написать именованный масштаб, соответствующий численному 1:2000, 1:10000.
3. Горизонтальное проложение между двумя точками на плане М 1:1000 составляет 2 см. Определить расстояние между этими точками на местности.
4. Определить предельную и графическую точность масштаба 1:50000.
5. При помощи циркуля-измерителя и нормального поперечного масштаба отложить на листе бумаги отрезок 1415 м в масштабе 1:25000.
6. Определить с помощью поперечного масштаба расстояния между абсолютными отметками точек – 141,4 и 146,4 (квадрат 67-12).
7. Измерить длину ручья (до р. Голубая) (квадрат 64-11) с помощью курвиметра и циркулем-измерителем с раствором 1 мм. Сравнить результаты.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

**Тема:** *Рельеф, его изображение на картах и планах. Чтение рельефа. Решение задач по картам и планам с горизонталями. Построение профиля местности по топографической карте*

**Цель:** *Ознакомиться с методом изображения рельефа на топографических картах и планах, с элементарными формами рельефа. Освоить определение превышений и абсолютных высот любой точки по карте. Построить профиль местности по линии АВ.*

### 1. Определение отметок точек

Рельефом называют совокупность неровностей поверхности Земли. При строительстве и эксплуатации различных объектов рельеф часто имеет решающее значение, так же как и при решении задач в геологии и геофизике.

Для изображения рельефа изобретены различные способы (отмывка, штриховка и т. д.). Однако на современных топографических картах и планах, применяемых для решения инженерных задач, рельеф изображается горизонталями.

Чтобы построить рельеф с помощью горизонталей, нужно знать абсолютные отметки точек. Численное значение высоты точки над основной уровенной поверхностью называется *абсолютной отметкой точки*  $H$  (рис. 2.1 -  $H_A, H_B$ ).

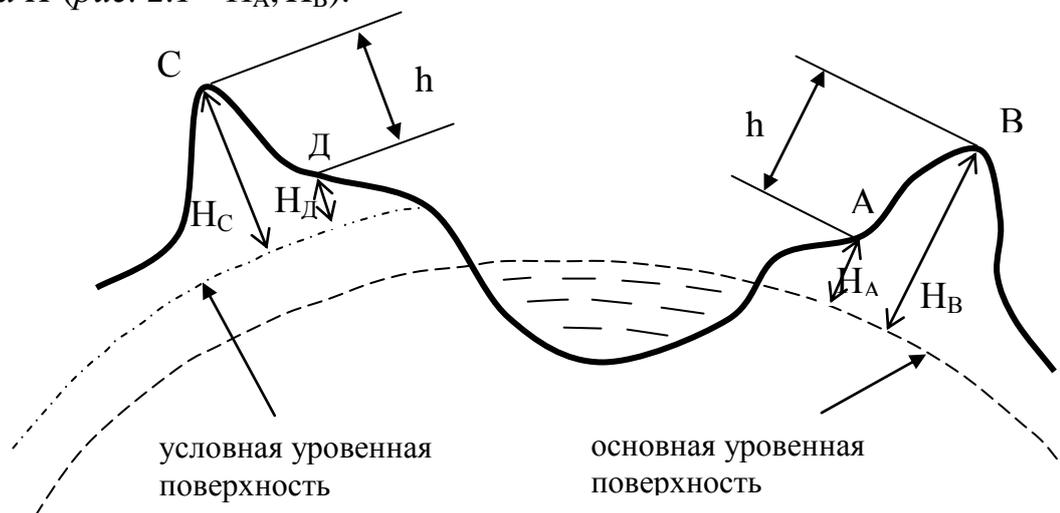


Рис. 2.1. Определение абсолютных и относительных отметок точек

При проведении практических съемок часто оказывается целесообразным определять отметки не относительно *основной*, а

относительно условно принятой уровенной поверхности. Такие отметки называются *условными* ( $H_d, H_c$ ).

Если известны отметки двух точек, то можно *вычислить превышение одной точки над другой* (относительную высоту). Так, превышение точки В над точкой А (рис. 2.1) составит:

$$h_B = H_B - H_A. \quad (4)$$

## 2. Изображение рельефа горизонталями

Пусть имеется некоторая возвышенность (рис. 2.2), которую пересекает поверхность, параллельная уровенной и расположенная от нее на высоте  $H_1$ . Линия пересечения физической поверхности Земли будет замкнутой кривой и, будучи спроектированной на горизонтальную плоскость, характеризует данную возвышенность на отметке  $H_1$ .

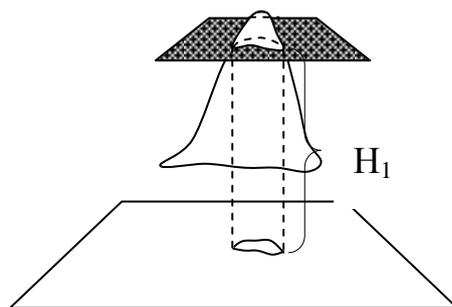


Рис.2.2. Сечение возвышенности горизонталью на высоте  $H_1$

Если для той же возвышенности секущую поверхность принять на высоте  $H_2$ , то получим другую горизонталь, характеризующую эту возвышенность на высоте  $H_2$ .

Для того чтобы получить достаточно детальную характеристику любой формы рельефа, следует задать необходимое количество секущих поверхностей (рис. 2.3), которые принимают через равные промежутки по высоте. Каждая поверхность и, соответственно, каждая горизонталь характеризуется определенной отметкой. *Метод горизонталей* – последовательное сечение объекта горизонтальными плоскостями, взятыми через равные интервалы, с последующим проектированием следов сечения на горизонтальную плоскость.

*Горизонтالي* - линии, соединяющие точки земной поверхности с одинаковыми отметками.

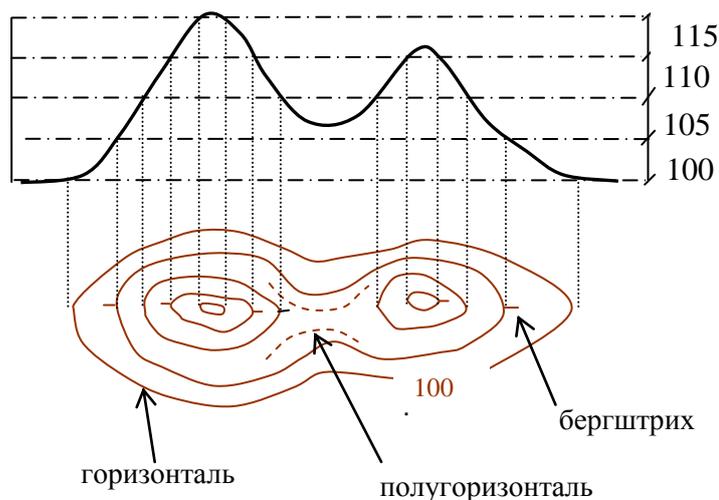


Рис. 2.3. Сечение рельефа горизонталями (седловина)

Расстояние между секущими поверхностями по высоте, т.е. разность отметок двух последовательных горизонталей ( $h_c$ ) называется *высотой сечения рельефа*.

Выбор шага между секущими плоскостями зависит от масштаба плана, который необходимо построить, от решаемой задачи (назначения плана или карты) и от вида рельефа:  $h_c = 0,25; 0,5; 1; 2; 2,5; 5$  м и др. Чем крупнее масштаб и меньше расчленение рельефа, тем меньше выбирается высота сечения рельефа.

Для изображения отдельных деталей рельефа, которые не удастся выразить основными горизонталями, используют *полугоризонтали*. Их проводят через  $\frac{h_c}{2}$ , вычерчивают пунктирной линией.

Горизонтали всегда проводят кратными принятой высоте сечения рельефа. Так, если  $h_c = 0,5$  м, то возможны следующие отметки горизонталей: 16,5; 17; 17,5 м и т. п. Если  $h_c = 2$  м, то, соответственно: 24; 26, 28 м и т.д.

Для лучшего чтения рельефа часть горизонталей вычерчивают утолщенной линией (0,2 мм против 0,1 мм у остальных горизонталей): при  $h_c = 0,25; 0,5; 2,5$  м утолщается каждая четвертая горизонталь (соответственно кратные 1 м; 2 м; 10 м); при  $h_c = 1; 2; 10$  м утолщается каждая пятая (соответственно кратная 5; 10; 25; 50 м). У утолщенных горизонталей выписывают их отметки, располагая цифры в разрывах горизонталей так, чтобы их верх был направлен в сторону возвышения.

Дополнительно направления скатов указывают *бергштрихами*, хвостик которых показывает на понижение рельефа.

Расстояние между горизонталями в плане (d) называется *заложением горизонталей*.

Рельеф по абсолютной высоте делится на положительные и отрицательные формы (выше уровня моря – положительные, ниже уровня моря – отрицательные). Существует также относительное деление, когда за нуль принимается преобладающая высота. Ниже преобладающей высоты расположены отрицательные формы рельефа, а выше – положительные.

### 3. Основные формы рельефа

Рельеф в общем случае разделяют на три вида: равнинный – превышения до 30 м; холмистый – превышения до 200 м; горный – превышения более 200 м.

В каждом виде рельефа из всего многообразия можно выделить 6 *основных форм*.

- *Гора, холм, сопка* (рис. 2.4) – конусообразное возвышение над окружающей местностью. Её наивысшая точка называется *вершиной*, боковые поверхности – *скатами*, зона более или менее чёткого перехода горы в окружающий рельеф – *подошвой*, или *основанием*, горизонтальные площадки на скате горы – *уступами*.

- *Котловина, впадина* (рис. 2.5) - замкнутое углубление, самая низкая ее точка – *дно*, боковые поверхности – *скаты*, линия перехода в окружающий рельеф – *бровка*. По характеру изображения на плоскости совпадает с горой. Для отличия этих форм рельефа на карте используют а)бергштрихи, б)проставляют абсолютные отметки в

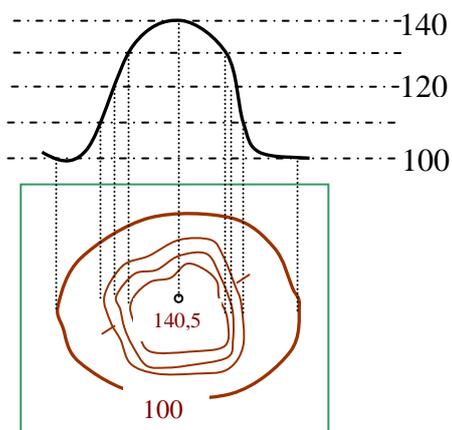


Рис. 2.4. Изображение горы горизонталями

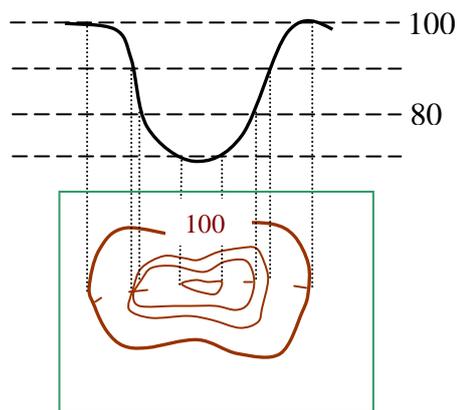


Рис. 2.5. Изображение котловины горизонталями

разрывах горизонталей.

- *Хребет* (рис. 2.6) - возвышенность, вытянутая в одном направлении, скаты которой при пересечении в верхней части образуют *водораздел* или *водораздельную линию*.

- *Лощина* (рис. 2.7) - вытянутое углубление местности, постепенно понижающееся в одном направлении. Два ската лощины при пересечении образуют *водосливную линию* (*талвег*). Широкая лощина с пологими скатами называется *долиной*, узкая лощина с крутыми скатами – *оврагом*. Скат долины может иметь почти горизонтальные площадки – *террасы*. Узкое углубление в начале оврага называют *промоиной*, овраг, заросший травой, называют *балкой*.

Чтобы отличить хребет от лощины необходимо также смотреть бергштрихи и искать оцифрованные горизонталы.

- *Седловина* (рис. 2.4) – пониженная часть местности между двумя соседними возвышенностями с расходящимися в противоположные стороны лощинами, имеет обычно вид седла. Седловина изображается горизонталями, обращёнными выпуклостями друг к другу.

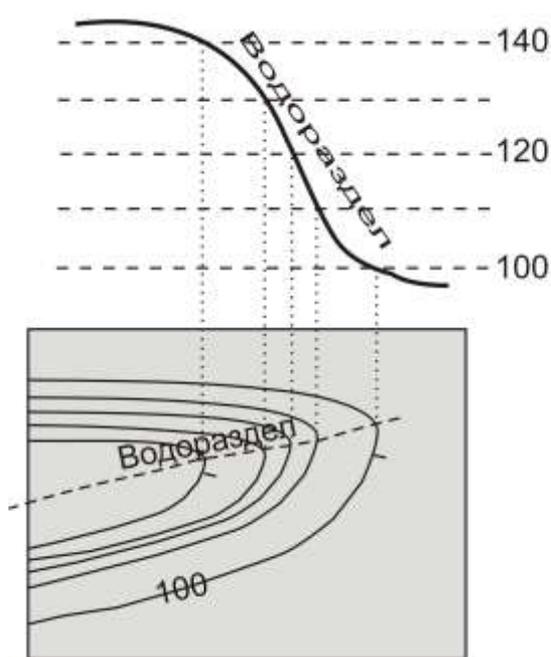


Рис. 2.6. Изображение хребта горизонталями

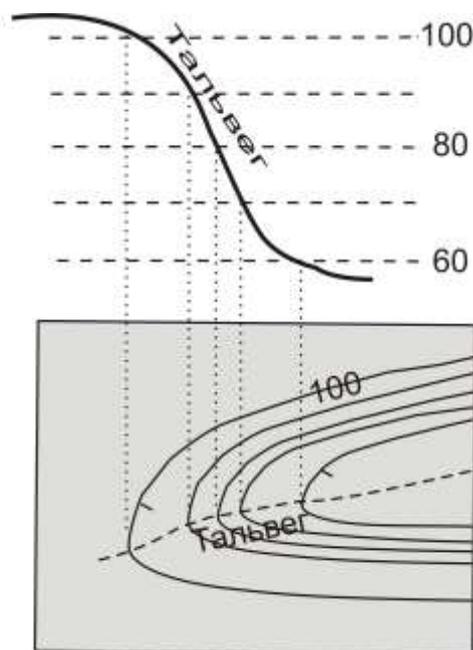


Рис. 2.7. Изображение лощины горизонталями

- *Крутой обрыв* – крутая стенка, вертикальный крутой склон (рис. 2.8).

*Характерные точки рельефа:*  
вершина горы, дно котловины, самая низкая точка седловины, перегиб ската.

*Характерные линии рельефа:*  
водораздел, водослив.

#### 4. Свойства горизонталей

- Точки, лежащие на одной горизонтали, имеют одинаковую абсолютную высоту.
- Горизонтали – непрерывные замкнутые линии (могут выходить за рамку данного плана и замыкаться за его пределами).
- Горизонтали относительно параллельны друг другу, никогда не пересекаются (исключение – нависающие или обратные скаты), но могут слиться в одну линию на крутом склоне.
- Чем меньше заложение горизонталей  $d$ , тем круче скат. Линия, образованная наименьшими  $d$ , соответствует направлению наибольшей крутизны.
- Всё, что относится к рельефу (горизонтали, цифры, подписи, бергштрихи) изображается коричневым цветом.
- Линии водораздела и водослива пересекаются горизонталями под прямым углом.

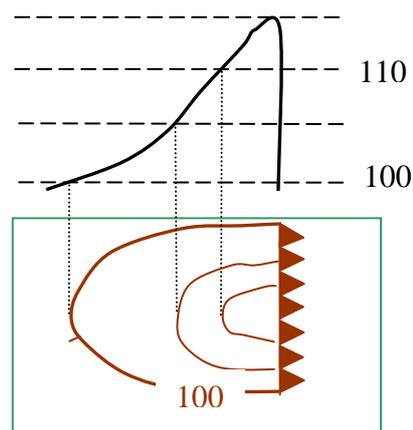


Рис. 2.89. Изображение крутой стенки горизонталями

#### 5. Построение горизонталей с помощью графического интерполирования

При съемке рельефа характерные точки выбирают там, где уклон ската меняет величину или направление. Чем меньше  $h_c$  (чем крупнее масштаб), тем больше требуется принимать характерных точек рельефа.

После нанесения характерных точек с известными отметками на лист бумаги отыскание местоположения точек, принадлежащих определенной горизонтали, проводят графическим интерполированием.

Графическое интерполирование с помощью палетки<sup>2</sup> проводят следующим образом (рис. 2.9):

1. Оцифровать линии палетки в соответствии с высотой сечения рельефа и в соответствии с абсолютными отметками двух точек, для которых проводят интерполирование.

2. Отметить на палетке пунктирными линиями абсолютные высоты интерполируемых точек (желательно).

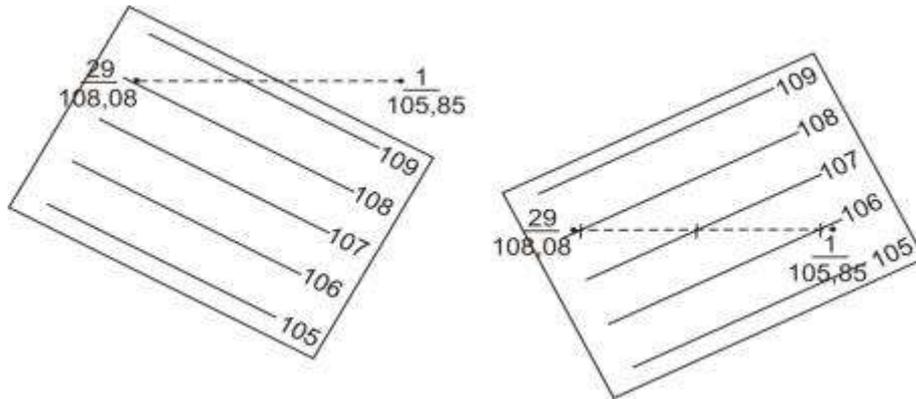


Рис. 2.9. Графическое интерполирование между точками 29 и 1

3. Наложить палетку на план. Совместить первую точку № 29 с абсолютной высотой по палетке.

4. Наколоть точку иголкой, сколов вместе палетку и план.

5. Далее необходимо поворачивать палетку до совпадения второй точки № 1, обозначенной на карте, с пунктирной линией на палетке, которая соответствует абсолютной высоте этой точки.

6. Соединить точки на палетке линией.

7. Наколоть места пересечения прямой линии и линий абсолютных высот палетки.

8. Подписать горизонтали на плане.

Горизонтали получают, соединяя между собой плавными кривыми линиями одинаковые по высоте точки, положение которых найдено интерполированием.

### 7. Определение абсолютных высот точек по картам с горизонталями (рис.2.10)

При определении абсолютных высот точек по картам с горизонталями возможны следующие *пять случаев*.

- Точка *A* лежит на горизонтали. В этом случае её абсолютная высота определится абсолютной отметкой этой горизонтали ( $H_A = 55 м$ ).

- Точка *B* находится между горизонталями с разными абсолютными отметками. Чтобы определить абсолютную высоту такой точки необходимо:

- провести прямую (FG) через точку *B* как кратчайшее расстояние между горизонталями;

<sup>2</sup> Палетка - на прямоугольном кусочке кальки размером 10x15 см нанесён ряд параллельных линий через 1 или 0,5 см



- Точка  $C$  находится внутри замкнутой горизонтали и известна абсолютная отметка характерной точки (вершина возвышенности – 72,1 м). Соединив точку с известной отметкой и точку  $C$ , продолжим линию до горизонтали. Измерим  $d$  и  $x$  (пусть они равны 40 и 15 мм соответственно) и находим абсолютную отметку точки по формуле 5, где  $h$  есть превышение между горизонталью и характерной точкой:

$$h = 72,1 - H_{\text{сop.}} = 72,1 - 70 = 2,1 \text{ м.}$$

В результате  $H_C = 70 + \frac{2,1}{40} \cdot 15 = 70,79 \text{ м.}$

- Точка  $D$  находится внутри замкнутой горизонтали. Отметка характерной точки нет. В этом случае нет точного решения задачи и превышение принимают равным половине высоты сечения рельефа. Абсолютная отметка точки определится формулой:

$$H_D = H_{\text{сop.}} \pm \frac{1}{2} h. \quad (6)$$

Следовательно, в нашем случае  $H_D = 55,0 \text{ м} - \frac{5,0 \text{ м}}{2} = 52,5 \text{ м.}$

- Точка  $E$  находится на седловине. В этом случае также невозможно точно определить абсолютную высоту точки, поэтому превышение принимается равным половине высоты сечения рельефа, и расчёт проводится по формуле 6.

*Пример 1.* Точка  $M$  находится внутри горизонтали с отметкой 65 м. Отметка характерной точки (вершина) – 66,6 м. Найдите абсолютную отметку точки  $M$ , если высота сечения рельефа – 2,5 м; расстояние от характерной точки до горизонтали – 20 мм, расстояние от точки, отметку которой нужно определить, до ближайшей горизонтали по карте – 9 мм.

$$H_M = H_G + \frac{h}{d} \cdot x = 65 \text{ м} + \frac{1,6 \text{ м}}{20 \text{ мм}} \cdot 9 \text{ мм} = 65,72 \text{ м.}$$

*Пример 2.* Точка  $K$  находится внутри замкнутой горизонтали с отметкой 75 м (вершина возвышенности). Найти отметку точки, расположенной внутри горизонтали, если высота сечения рельефа 5 м.

$$H_K = H_G + \frac{1}{2} \cdot h = 75 \text{ м} + 2,5 \text{ м} = 77,5 \text{ м.}$$

*Пример 3.* Точка  $M$  находится между горизонталями с отметками 125 и 127,5 м. Найдите абсолютную отметку этой точки, если заложение – 25 мм, расстояние от точки, отметку которой нужно определить, до ближайшей горизонтали (125 м) – 5 мм.

$$H_M = H_G + \frac{h}{d} \cdot x = 125 \text{ м} + \frac{2,5 \text{ м}}{25 \text{ мм}} \cdot 5 \text{ мм} = 125 \text{ м} + 0,5 \text{ м} = 125,5 \text{ м.}$$

*Пример 4.* На карте приведена замкнутая горизонталь с отметкой 105 м (дно котловины). Найти отметку любой точки (А), расположенной внутри горизонтали, если высота сечения рельефа 5 м.

$$H_A = H_r + \frac{1}{2} \cdot h = 105 \text{ м} - 2,5 \text{ м} = 102,5 \text{ м}.$$

## 9. Определение крутизны ската

Рассматривая план или карту в горизонталях, мы видим, что взаимные расстояния между горизонталями чрезвычайно разнообразны. Это говорит о различной крутизне поверхности земли. Крутизна ската характеризуется *углом наклона линии к горизонту  $\nu$  (ню)* и *величиной уклона линии  $i$* , которые могут быть как отрицательными, так и положительными. Эти величины определяют по следующим формулам:

$$i = \operatorname{tg} \nu = \frac{h}{d}, \quad \nu = \operatorname{arctg} \frac{h}{d}, \quad (7, 8)$$

где  $h$  – высота сечения рельефа, м;  $d$  – заложение, м.

Уклон линии является отвлечённой величиной и выражается в процентах или промилле (тысячных долях единицы - ‰). Угол наклона выражается в градусах.

*Пример 5.* Рассчитайте уклон линии и угол наклона, если величина заложения в масштабе карты равна 20 м, высота сечения рельефа – 5 м.

$$i = \frac{5 \text{ м}}{20 \text{ м}} = 0,250 = 250 \text{ ‰} = 25 \%$$

$$\nu = \operatorname{arc} \operatorname{tg} 0,250 = 14,036^\circ = 14^\circ 15' 00''.$$

*Пример 6.* Между двумя точками заложение в масштабе карты равно 332 м, а уклон линии составил 0,0028. Найдите превышение  $h$  между этими точками.

$$i = \frac{h}{d}; \quad h = i \cdot d = -0,028 \cdot 332 = -9,3 \text{ м}.$$

*Пример 7.*

Для учебной карты самое маленькое расстояние между горизонталями составляет 1 мм, а самое большое – 5,7 см. Рассчитайте крутизну скатов. Высота сечения рельефа – 2,5 м.

$$d = 10 \text{ м}; \quad h = 2,5 \text{ м}; \quad i = \operatorname{tg} \nu = \frac{h}{d} = \frac{2,5 \text{ м}}{10 \text{ м}} = 0,25 = 25 \text{ ‰} = 250 \%$$

$$\nu = \operatorname{arc} \operatorname{tg} 0,25 = 14,036^\circ = 14^\circ 21' 36''.$$

$$d = 570 \text{ м}; \quad h = 2,5 \text{ м}; \quad i = \operatorname{tg} \nu = \frac{h}{d} = \frac{2,5 \text{ м}}{570 \text{ м}} = 0,0044 = 0,44 \text{ ‰} = 4,4 \%$$

$$\nu = \operatorname{arc} \operatorname{tg} 0,0044 = 0,2521^\circ = 0^\circ 15' 08''.$$

*Пример 8.*

Рассчитайте величину заложения, соответствующую уклону 25 промилле, если масштаб плана 1:2000, а высота сечения рельефа 2,5 м.

$$i = \frac{h}{d}; d = \frac{h}{i} = \frac{2,5 \text{ м}}{0,025} = 100 \text{ м}; \frac{1}{2000 \text{ см}} = \frac{d_{\text{пл}}}{100 \text{ м}}; d_{\text{пл}} = \frac{10000 \text{ см}}{2000 \text{ см}} = 5 \text{ см}.$$

*Пример 9.*

Длина линии, измеренная на местности рулеткой, составила 270 м. Определить длину этой линии на плане масштаба 1:1000, если крутизна ската равна  $20^\circ$ .

$$d = D \cos \nu = 270 \cdot \cos 20^\circ = 270 \cdot 0,94 = 253,8 \text{ м};$$

$$\frac{1}{1000} = \frac{d_{\text{пл}}}{253,8}; d_{\text{пл}} = \frac{253,8 \text{ м}}{1000 \text{ см}} = 25,38 \text{ см}.$$

Для избежания расчетов при определении уклонов и наклонов линий по плану или карте на практике пользуются специальными графиками, называемыми *масштабами заложений* – для углов наклона (*рис. 2.11*) или для уклонов. Масштабы заложений строятся для определённой высоты сечения рельефа.

Для построения графика заложений углов наклона горизонтальную линию делят на равные отрезки произвольной длины и у концов отрезка подписывают значения углов наклона. Затем вычисляют заложения, соответствующие каждому значению угла наклона при принятой высоте сечения рельефа, по формуле

$$d = \frac{h}{\text{tg } \nu}. \quad (9)$$

Полученные величины заложений, выраженные в масштабе карты, откладывают на перпендикулярах к горизонтальной линии против соответствующих углов наклона. Полученные точки соединяют (*рис. 2.11*). Если вместо углов наклона подписать уклоны, то получим график уклонов.

Для определения угла наклона или уклона с плана берут в раствор циркуля соответствующее заложение, переносят его на график заложений так, чтобы одна ножка циркуля располагалась на основании, другая – на кривой. Обе ножки измерителя должны быть при этом на одном перпендикуляре к основанию.

*Пример 10.* Построить график заложения углов наклона линии для М 1:5000. Высота сечения рельефа – 5 м (*рис. 2.12*<sup>3</sup>).

$$d_1 = \frac{h}{\text{tg } 1^\circ} = \frac{5}{0,017} = 294,12 \text{ м},$$

---

<sup>3</sup> Рисунок уменьшен

$$d_2 = \frac{h}{\operatorname{tg} 2^\circ} = \frac{5}{0,035} = 142,86 \text{ м};$$

$$d_3 = \frac{h}{\operatorname{tg} 3^\circ} = \frac{5}{0,052} = 96,15 \text{ м};$$

$$d_4 = \frac{h}{\operatorname{tg} 4^\circ} = \frac{5}{0,070} = 71,43 \text{ м};$$

$$d_5 = \frac{h}{\operatorname{tg} 5^\circ} = \frac{5}{0,087} = 57,47 \text{ м};$$

$$d_6 = \frac{h}{\operatorname{tg} 6^\circ} = \frac{5}{0,105} = 47,62 \text{ м};$$

$$d_7 = \frac{h}{\operatorname{tg} 7^\circ} = \frac{5}{0,123} = 40,65 \text{ м};$$

$$d_8 = \frac{h}{\operatorname{tg} 8^\circ} = \frac{5}{0,141} = 35,46 \text{ м};$$

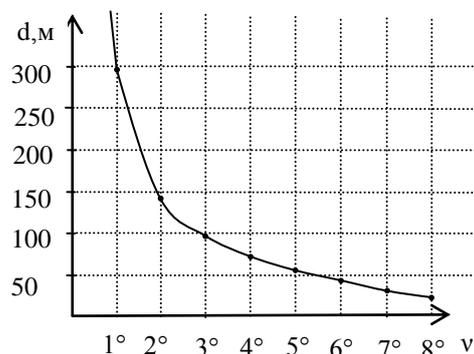


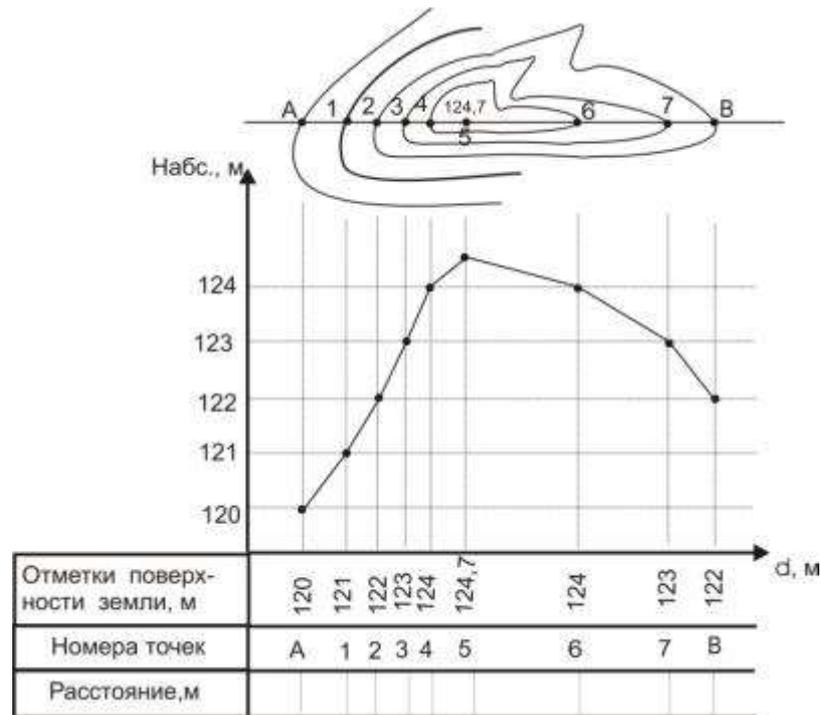
Рис. 2.11. Масштаб заложений для углов наклона:  $M 1:5000$ :

## 10. Построение профиля местности по заданному направлению

На плане или карте нанесена линия АВ, по которой требуется начертить профиль местности.

Построить профиль местности по заданному направлению – значит выполнить следующий комплекс работ.

- Выделить элементарные формы и характерные линии рельефа.
- Найти и пронумеровать точки пересечения осевой линии АВ с горизонталями, водораздельными и водосливными линиями.
  - На листе бумаги провести горизонтальную линию и на ней в масштабе карты последовательно отложить измеренные отрезки А-1, 1-2, 2-3 и т. д. (рис. 2.12).
  - Измерить и выписать расстояния между найденными точками. Расстояния измерять всегда в одном направлении.
  - Определить абсолютные отметки найденных точек и выписать их.
  - Провести ось  $H_{\text{абс}}$ , которую оцифровать в соответствии с вертикальным масштабом профиля. Линия условного горизонта не должна пересекать линию профиля. Абсолютные отметки точек отложить на перпендикулярах (ординатах) к основанию профиля в принятом вертикальном масштабе.



Масштаб:  $\frac{\text{горизонтальный } 1:1000}{\text{вертикальный } 1:100}$

Горизонталы на плане проведены через 1 м

Рис. 2.12. Вертикальный профиль местности по линии АВ<sup>3</sup>

Соединив полученные точки, получают профиль местности по линии АВ.

Горизонтальный масштаб профиля всегда соответствует масштабу карты. Вертикальный масштаб принимается в 10 раз крупнее горизонтального масштаба, т.е. масштаба плана.

## 10. Задания

### ВАРИАНТ 1

I. Провести интерполирование горизонталей между точками с абсолютными отметками 212 и 227. Расстояние между точками – 5 см. Горизонталы провести через 10 м

II. Решить задачи

**Задача 1.** Точка М находится между горизонталями с отметками 125 и 127, 5 м. Найдите абсолютную отметку этой точки, если заложение – 25 мм, расстояние от точки, отметку которой нужно определить, до ближайшей горизонтали (125 м) – 5 мм.

**Задача 2.** На карте приведена замкнутая горизонталь с отметкой 105 м (дно котловины). Найти отметку любой точки (А), расположенной внутри горизонтали, если высота сечения рельефа 5 м.

**Задача 3.** Рассчитайте длину линии на местности, если длина этой же линии на плане масштаба 1:2000 равна 7,08 см, а высотные отметки точек начала и конца линии соответственно равны 98 м и 76 м.

**Задача 4.** Рассчитайте величину заложения, соответствующую уклону 25 промилле, если масштаб плана 1:2000, а высота сечения рельефа 2,5 м .

*III. Построить профиль местности по линии АВ учебной карты с номенклатурой листа У-35-38-А-в-3.*

## ВАРИАНТ 2

*I. Провести интерполирование горизонталей между точками с абсолютными отметками 57 и 43,3 м. Расстояние между точками – 7 см. Горизонталю провести через 2,5 м*

### *II. Решить задачи*

**Задача 1.** Точка **М** находится внутри горизонтали с отметкой 98 м. Отметка характерной точки (дно) – 100 м. Найдите абсолютную отметку точки **М**, если высота сечения рельефа – 2,5 м; расстояние от характерной точки до горизонтали – 20 мм, расстояние от точки, отметку которой нужно определить, до ближайшей горизонтали по карте – 9 мм.

**Задача 2.** Точка **К** находится внутри замкнутой горизонтали с отметкой 80 м (дно котловины). Найти отметку точки, расположенной внутри горизонтали, если высота сечения рельефа 5 м.

**Задача 3.** Длина линии на плане масштаба 1:2000 составила 11,05 см. Определить длину этой линии на местности, если её уклон равен 100 промилле.

**Задача 4.** Определить уклон линии АВ, если  $H_B=47$  м,  $H_C=66$  м,  $d_{BC}=900$  м, результат выразить в процентах.

*III. Построить профиль местности по линии АВ учебной карты с номенклатурой листа У-35-38-А-в-3.*

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

**Тема:** *Определение географических и прямоугольных координат по карте или плану*

**Цель:** *Ознакомиться с географической и прямоугольной системами координат. Освоить определение географических и прямоугольных координат точек по карте*

### 1. Градусная и километровая сетки

Лист карты окаймляют три рамки: внутренняя, минутная и внешняя. *Внутренняя рамка (рис. 3.1) образована отрезками меридианов и параллелей, ограничивающих картографическое изображение.*



*Рис.3.1. Фрагмент учебной топографической карты с номенклатурой листа У-35-38-А-в-3*

*Минутная рамка (градусная) служит для более точного измерения географических координат точек на карте. Она имеет вид двойной линии, разделённой по широте и долготе на минуты, выделенные попеременно чёрным и белым цветом. Минуты разделены точками на десятисекундные интервалы.*

*Внешняя рамка* (оформительская) имеет декоративное назначение. Все подписи и графики, расположенные за пределами этой рамки, относятся к зарамочному оформлению.

Линии меридианов и параллелей образуют *градусную сетку*. В углах градусной рамки подписаны широты и долготы меридианов и параллелей, ограничивающих лист карты. Например, в левом верхнем углу –  $54^{\circ}52'30''$  (рис.3.1).

Кроме градусной сетки на карту нанесена *координатная сетка* зональной системы плоских прямоугольных координат Гаусса-Крюгера. Поскольку размер квадрата принимают кратным целому числу километров, эта сетка называется *километровой*.

Линии километровой сетки, проведённые с юга на север, параллельны осевому меридиану зоны (т.е. оси  $Ox$ ), а линии, проходящие с запада на восток, параллельны изображению экватора на плоскости проекции (т.е. оси  $Oy$ ). Подписи горизонтальных линий соответствуют расстоянию в километрах от экватора, а вертикальных – их приведённым ординатам (первая цифра обозначает номер зоны, а последующие – ординату линии плюс 500 км).

Абсциссы  $x$ , началом отсчета которых принимается линия экватора, подписаны у горизонтальных линий полностью только в углах рамки. Около других линий километровой сетки указываются только две последние цифры, называемые сокращёнными координатами. Например, абсцисса 6068 выписана полностью, у абсциссы 6067 приведена только цифра 67 («сокращённая абсцисса»). Аналогична система надписей и у ординат (рис.3.1), при этом ординаты точек указываются преобразованными. Сокращённые координаты применяются для обозначения квадратов километровой сетки (квадрат 68-11).

## 2. Определение географических координат точки

Широта  $\varphi_A$  и долгота  $\lambda_A$  точки  $A$ , заданной на карте, определяется параллелью и меридианом, проходящими через эту точку. Для определения географических координат точки  $A$  необходимо (рис. 3.1):

- при помощи треугольника опустить перпендикуляр из точки  $A$  на градусную рамку – на линию широты и линию долготы;
- записать координаты широты (долготы), обозначенные в ближайшем углу топографического плана или карты –  $\varphi_0$  ( $\lambda_0$ );
- рассчитать приращения  $\Delta\varphi$  ( $\Delta\lambda$ ); для чего определить:
  - количество целых минутных и 10-ти секундных отрезков;
  - высчитать из пропорции количество секунд, соответствующих доле десятисекундного отрезка:

длина отрезка в см или мм -  $10''$ ;  
длина отрезка в см или мм -  $x''$ ;

Например, для учебного плана можно записать:  
 $3,1\text{см} - 10''$

$$1,2\text{см} - x'', \text{ тогда } x = \frac{1,2 \cdot 10}{3,1} = 3,9''.$$

• географические координаты точки  $A$  вычислить по следующим формулам:

$$\varphi_A = \varphi_0 \pm \Delta\varphi; \lambda_A = \lambda_0 \pm \Delta\lambda. \quad (10, 11)$$

*Пример 1.* Определить географические координаты точки с отметкой 158,3 (квадрат 11-68 учебной карты) (рис. 21, карта уменьшена).

Определяем широту:

1)  $\varphi_0 = 54^\circ 52' 30''$ ;

2)  $\frac{3,1\text{см} - 10''}{1\text{см} - x''}$ ,  $x = \frac{1 \cdot 10}{3,1} = 3,22''$ ;

$$\Delta\varphi = 10'' + 3'';$$

3)  $\varphi = \varphi_0 - \Delta\varphi = 54^\circ 52' 30'' - 10'' - 3'' = 54^\circ 52' 17'' \text{с.ш.};$

Определяем долготу:

1)  $\lambda_0 = 24^\circ 30' 45''$ ;

2)  $\frac{1,8\text{см} - 10''}{1\text{см} - x''}$ ,  $x = \frac{1 \cdot 10}{1,8} = 5,56''$ .

$$\Delta\lambda = 15'' + 6'';$$

3)  $\lambda = \lambda_0 + \Delta\lambda = 24^\circ 30' 45'' + 15'' + 6'' = 24^\circ 31' 46'' \text{в.д.}$

При расчётах значения секунд округляют до целых значений.

### 3. Определение прямоугольных координат точки

Прямоугольные координаты точки ( $X$ ,  $Y$ ) по карте определяют в квадрате километровой сетки следующим образом:

• при помощи треугольника опускают перпендикуляры из точки  $A$  на линии километровой сетки);

• записывают координаты ближайшего угла квадрата километровой сетки топографического плана или карты ( $X_0$ ,  $Y_0$ );

• рассчитывают приращения  $\Delta X$ ,  $\Delta Y$ . Для этого измеряют расстояние от угла координатной сетки до опущенного из точки перпендикуляра; расстояние выражают в масштабе карты.

• определяют прямоугольные координаты точки  $A$  по формулам:

$$X_A = X_0 \pm \Delta X; \quad Y_A = Y_0 \pm \Delta Y. \quad (12, 13)$$

*Пример 2.* Определить прямоугольные координаты точки с отметкой 158,3 (квадрат 11/68) (рис. 21, карта уменьшена).

Определяем абсциссу:

1)  $X_0 = 6068 \text{ км};$

2)  $\Delta X = 3,8 \text{ см} = 0,38 \text{ км}.$

3)  $X = X_0 + \Delta X = 6068 + 0,38 = 6068,38 \text{ км} \quad .$

Определяем ординату:

1)  $Y_0 = 5312 \text{ км};$

2)  $\Delta Y = 2,2 \text{ см} = 0,22 \text{ км};$

3)  $Y = Y_0 + \Delta Y = 5312 - 0,22 = 5311,78 \text{ км}.$

Значение  $Y = 5311,78 \text{ км}$  называется *приведённой ординатой*. Действительное значение ординаты будет  $Y_{ист.} = 311,78 - 500 = -188,22 \text{ км}.$

Точка 158,3 расположена в 5-й зоне, знак «минус» говорит о том, что она находится западнее осевого меридиана.

#### 4. Задания

Для выполнения предложенных заданий используют учебную топографическую карту с номенклатурой листа У-35-38-А-в-3.

##### ВАРИАНТ 1

1. Определить географические и прямоугольные координаты точек с абсолютными высотами по учебной карте в квадрате 67-11

2. Найти на карте точки со следующими географическими координатами:

1	54°52'00"с.ш.	24°33'00"в.д.
2	54°51'30"с.ш.	24°30'45"в.д.

3. Нанести на карту точки со следующими прямоугольными координатами:

1	6066,10 км	-187,52 км
2	6065,94 км	-188,47 км

4. Определить по учебной карте, какие объекты имеют следующие географические координаты:

1	54°52'13"с.ш.	24°32'57"в.д.
2	54°50'32,5"с.ш.	24°32'26"в.д.

5. Определить по учебной карте, какие объекты имеют следующие прямоугольные координаты:

1	6067,24 км	-189,05 км
2	6065,07 км	-186,19 км

#### ВАРИАНТ 2

I. Определить географические и прямоугольные координаты точек с абсолютными высотами квадрате 67-12

2. Нанести на карту точки со следующими прямоугольными координатами:

1	6066,59 км	-187,61 км
2	6066,07 км	-188,87 км

3. Нанести на карту точки со следующими географическими координатами:

1	54°50'30"с.ш.	24°30'30"в.д.
2	54°51'44"с.ш.	24°30'04"в.д.

6. Определить по учебной карте, какие объекты имеют следующие географические координаты:

1	54°53'21"с.ш.	24°30'18"в.д.
2	54°50'31"с.ш.	24°32'07"в.д.

7. Определить по учебной карте, какие объекты имеют следующие прямоугольные координаты:

1	6068,19 км	-186,17 км
2	6065,11 км	-186,85 км

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

**Тема:** Углы ориентирования в географической системе координат и плоской прямоугольной системе координат Гаусса-Крюгера

**Цель:** Освоить измерение и взаимные пересчёты углов ориентирования в разных системах координат

### 1. Измерение углов ориентирования на карте или плане в географической системе координат

Углы ориентирования в географической системе координат: географический (истинный) азимут прямой, географический (истинный) азимут обратный, географический румб прямой, географический румб обратный.

*Географический азимут* ( $A_{\Gamma}$ ) – угол, отсчитываемый по часовой стрелке от северного направления географического меридиана до ориентируемой линии. Изменяется от  $0^{\circ}$  до  $360^{\circ}$ .

Чтобы определить  $A_{\Gamma}$  линии АВ необходимо: (рис. 4.1):

- провести географический меридиан через начальную точку А; для этого с помощью треугольника провести линию, параллельную географическому меридиану карты;
- измерить азимут прямой с помощью транспортира (с точностью до  $30''$ ).

Аналогично измеряют азимут географический обратный линии АВ ( $A_{\Gamma_{BA}}$ ), но географический меридиан проводят через точку В.

Зная прямой азимут географический линии АВ –  $A_{\Gamma_{AB}}$  можно высчитать азимут географический обратный по формулам:

$$A_{\Gamma_{BA}} = A_{\Gamma_{AB}} + 180^{\circ}{}^4; \quad (14)$$

$$A_{\Gamma_{BA}} = A_{\Gamma_{AB}} + 180^{\circ} + \gamma{}^5, \quad (15)$$

где  $\gamma$  – сближение меридианов в географической системе координат (угол между касательными к меридианам в данных точках, направленных на полярную звезду).

*Географический румб* ( $r_{\Gamma}$ ) – угол между ориентируемой линией и ближайшим направлением

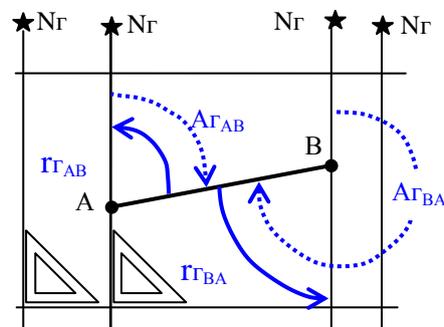


Рис. 4.1. Углы ориентирования в географической системе координат

<sup>4</sup> если длина линии меньше 500 м

<sup>5</sup> если длина линии больше 500 м

географического меридиана (северным или южным).

Румбы изменяются от  $0^\circ$  до  $90^\circ$  и кроме углового значения имеют ещё названия – СВ, ЮВ, ЮЗ, СЗ, например:  $r_{AB} = СВ : 45^\circ$ ;  $r_{BA} = ЮЗ : 45^\circ$ .

Обратный румб по значению равен прямому румбу, но имеет противоположное направление.

*Пример 1.* Определить углы ориентирования в географической системе координат линии  $AB$ , заданной на учебной карте (квадрат 68-13, северная часть) (рис. 4.2).

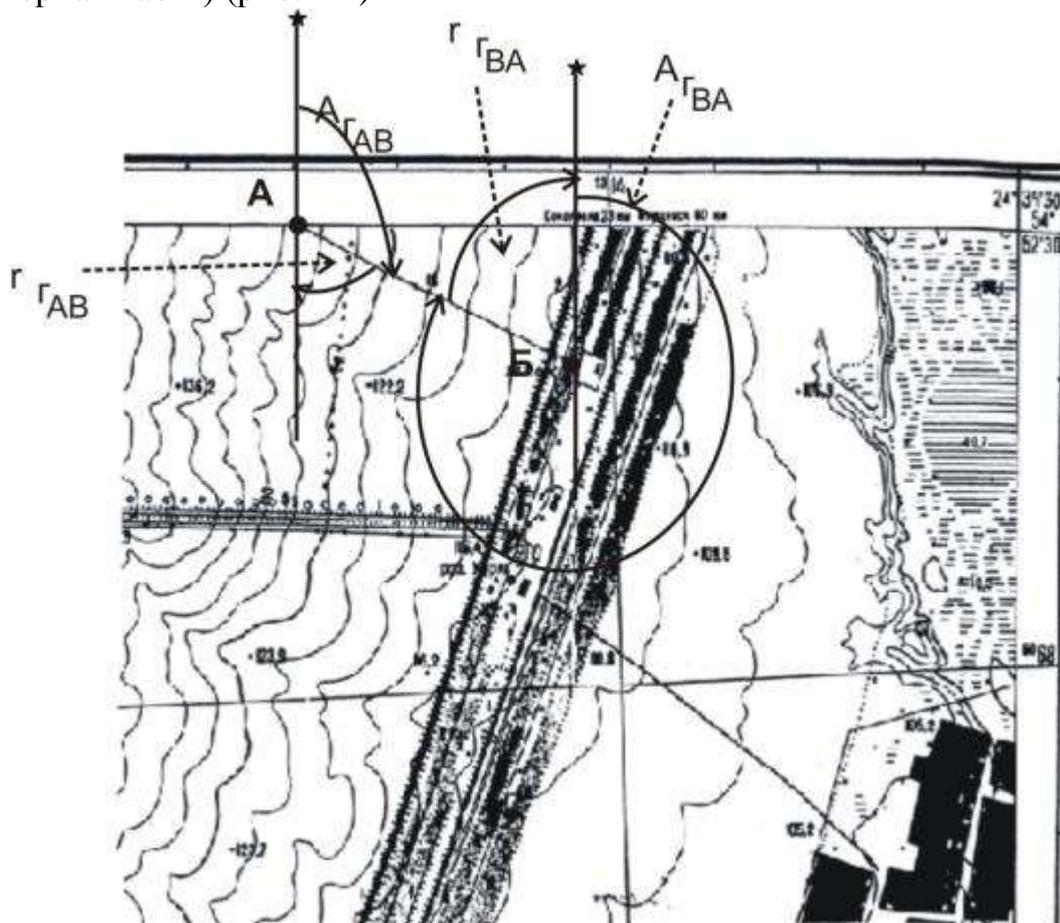


Рис.4.2. Фрагмент учебной топографической карты

$$A_{Г_{AB}} = 112^\circ 30'; \quad r_{Г_{AB}} = ЮВ : 67^\circ 30'; \quad A_{Г_{BA}} = 292^\circ 30'; \quad r_{Г_{BA}} = СЗ : 67^\circ 30'.$$

Зная азимут географический можно рассчитать румб географический, и наоборот.

*Пример 2 (рис.4.3).* Известен  $A_{Г_{AB}} = 186^\circ 30'$ . Найти  $r_{Г}$ .

Для решения задачи можно воспользуемся формулами взаимосвязи азимутов и румбов (табл. 4.1). Поскольку линия находится в III четверти, формула пересчёта:

$$r_{Г} = A_{Г} - 180^\circ.$$

### РЕШЕНИЕ

$$r_{\Gamma AB} = 186^{\circ}30' - 180^{\circ} = 6^{\circ}30' : \text{ЮЗ.}$$

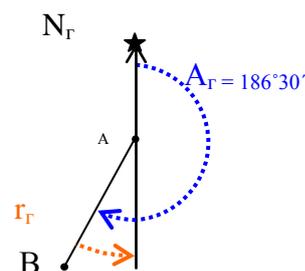


Рис. 4.3. Чертёж ориентирования к примеру 1

Таблица 4.1

Схема взаимосвязи азимутов и румбов

Четверть		Интервал изменения азимута, град.	Формула перевода	Знаки приращений координат	
номер	название			$\Delta X$	$\Delta Y$
I	СВ	0-90	$r_I = \alpha$	+	+
II	ЮВ	90-180	$r_{II} = 180^{\circ} - \alpha$	-	+
III	ЮЗ	180-270	$r_{III} = \alpha - 180^{\circ}$	-	-
IV	СЗ	270-360	$r_{IV} = 360^{\circ} - \alpha$	+	-

## 2. Измерение углов ориентирования на карте и плане в плоской системе координат Гаусса-Крюгера

Углы ориентирования в плоской системе координат Гаусса-Крюгера: дирекционный угол прямой, дирекционный угол обратный, румб дирекционный прямой, румб дирекционный обратный, сближение меридианов.

*Дирекционный угол ( $\alpha$ )* – угол, отсчитываемый от северного направления осевого меридиана или линии, ему параллельной, по ходу часовой стрелки до ориентируемой линии. Изменяется от  $0^{\circ}$  до  $360^{\circ}$ .

*Дирекционный румб ( $r_{\alpha}$ )* – угол между ориентируемой линией и ближайшим направлением осевого меридиана или линии, ему параллельной. Изменяется от  $0^{\circ}$  до  $90^{\circ}$ .

Чтобы найти по карте дирекционный угол линии АВ необходимо (рис. 4.4):

- провести осевой меридиан  $N_x$  через начальную точку ориентируемой линии (А). Для этого приложить треугольник к точке А и провести линию, параллельную осевому меридиану карты;

- измерить дирекционный угол с помощью круглого транспортира (с точностью до  $30''$ ).

Обратный дирекционный угол линии АВ –  $\alpha_{BA}$  измеряют таким же образом, только осевой меридиан проводят через точку В.

Дирекционному углу плоской системы координат Гаусса-Крюгера соответствует азимут географический, а дирекционному румбу – румб географический; это одни и те же углы, только в разных системах координат.

*Пример 3.* Измерить углы ориентирования в плоской системе координат Гаусса-Крюгера линии АВ, заданной на учебной карте (квадрат 68-13, северная часть).

$$\alpha_{AB} = 114^{\circ}30'; \quad r_{\alpha_{AB}} = ЮВ : 65^{\circ}30'; \quad \alpha_{BA} = 294^{\circ}30'; \quad r_{\alpha_{BA}} = СЗ : 65^{\circ}30'.$$

Измеренные углы ориентирования линии АВ в географической системе координат и плоской системе координат Гаусса-Крюгера отличаются на  $2^{\circ}$ . Это есть гауссово сближение меридианов ( $\gamma$ ) – угол между географическим и осевым меридианами (рис. 4.5).

Зарамочное оформление учебной карты свидетельствует, что сближение меридианов равно  $2^{\circ}22'$ , однако по нашим вычислениям получилось  $2^{\circ}$ . Точнее измерить угол с помощью

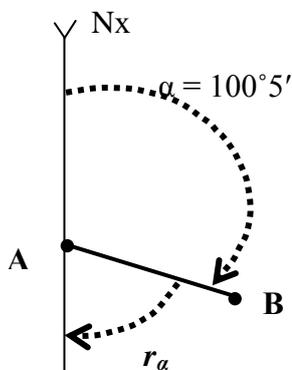


Рис. 4.6. Чертёж ориентирования к примеру 4

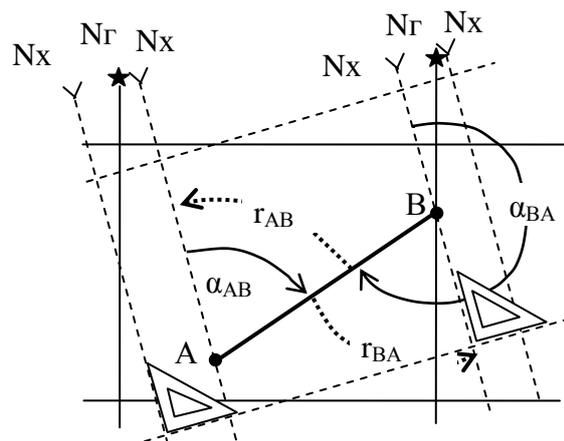


Рис. 4.4. Углы ориентирования в плоской прямоугольной системе координат Гаусса-Крюгера

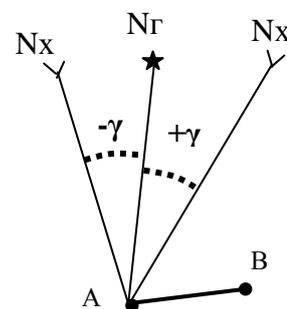


Рис. 4.5. Гауссово сближение меридианов

транспортира невозможно.

На листах карты, не примыкающих к осевому меридиану зоны, вертикальные линии километровой сетки повернуты на западе или востоке относительно меридианов градусной сетки на величину гауссова сближения меридианов. Если лист карты расположен в западной части зоны, то километровая сетка развёрнута на запад относительно градусной сетки и наоборот.

Связь между румбами и дирекционными углами в прямоугольной системе координат такая же, как в географической системе координат.

*Пример 4.* Известен  $\alpha = 100^{\circ}05'$ .

Найти  $r_{\alpha}$ .

Сделаем чертёж ориентирования (рис. 4.6). Поскольку линия находится во II четверти, формула пересчёта:

$$r_{\alpha} = 180^{\circ} - \alpha.$$

$$r_{\alpha} = 180^{\circ} - \alpha = 180^{\circ} - 100^{\circ}05' = 79^{\circ}55'.$$

### 3. Взаимные пересчёты углов ориентирования в прямоугольной и географической системах координат

**Задача 1.** Дано:  $\alpha = 98^{\circ}$ ;  $\gamma = 1^{\circ}52'$ . Найти:  $A_{\Gamma}$ .

Решение (рис. 4.7):  $A_{\Gamma} = \gamma + \alpha = 98^{\circ} + 1^{\circ}52' = 99^{\circ}52'$

**Задача 2.** Дано:  $A_{\Gamma} = 30^{\circ}30'$ ,  $\delta = 3^{\circ}20'$ . Найти:  $A_M$

Решение (рис. 4.8):

$$A_M = A_{\Gamma} - \delta = 30^{\circ}30' - 3^{\circ}20' = 27^{\circ}10'.$$

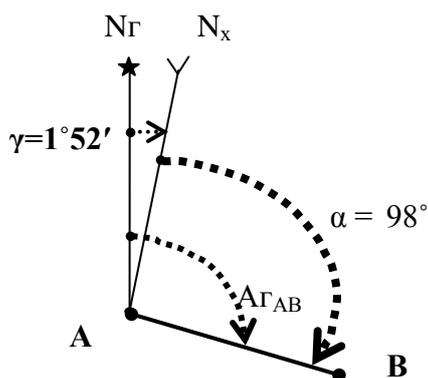


Рис.4.7. Чертёж ориентирования к задаче 1

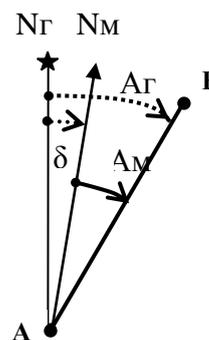


Рис. 4.8. Чертёж ориентирования к задаче 2

### Задача 3.

Дано:

$$A_{\Gamma} = 55^{\circ}20', \delta = -6^{\circ}10', \gamma = -2^{\circ}20'.$$

Найти:  $A_M, \alpha, r_{\Gamma}$ .

Решение (рис. 4.9):

$$r_{\Gamma} = 55^{\circ}20' : CB.$$

$$A_M = A_{\Gamma} + \delta =$$

$$55^{\circ}20' + 6^{\circ}10' = 61^{\circ}30'.$$

$$\alpha = A_{\Gamma} + \gamma = 55^{\circ}20' + 2^{\circ}20' =$$

$$57^{\circ}40'.$$

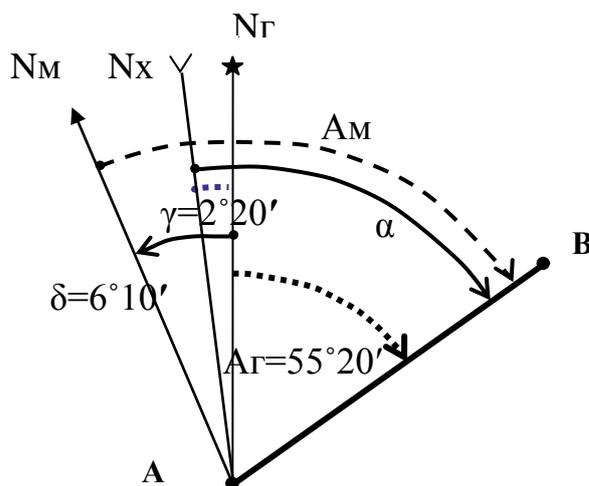


Рис. 4.9. Чертёж ориентирования к задаче 3

## 4. Задание

### ВАРИАНТ 1.

1. Определить азимут географический по известным магнитному азимуту и склонению магнитной стрелки, сделать чертёж:

№ п/п	$A_M$	$\delta$	$A_{\Gamma}$
1	$6^{\circ}56'$	$+8^{\circ}14'$	
2	$28^{\circ}17'$	$-5^{\circ}16'$	
3	$54^{\circ}36'$	$+6^{\circ}27'$	
4	$2^{\circ}18'$	$+5^{\circ}40'$	
5	$78^{\circ}46'$	$-12^{\circ}21'$	
6	$5^{\circ}38'$	$-8^{\circ}45'$	

2. Найти магнитный азимут по известным азимуту географическому и склонению магнитной стрелки, сделать чертёж:

№ п/п	$A_{\Gamma}$	$\delta$	$A_M$
1	$357^{\circ}19'$	$+6^{\circ}55'$	
2	$183^{\circ}44'$	$-5^{\circ}37'$	
3	$12^{\circ}55'$	$+3^{\circ}42'$	
4	$56^{\circ}47'$	$-9^{\circ}08'$	
5	$73^{\circ}23'$	$+5^{\circ}11'$	
6	$355^{\circ}14'$	$-10^{\circ}47'$	

3. Вычислить магнитный азимут по известным дирекционному углу, склонению магнитной стрелки и гауссову сближению меридианов, сделать чертёж:

№ п/п	$\alpha$	$\delta$	$\gamma$	Ам
1	24°40′	09°30′	+1°30′	
2	47°20′	-2°10′	+2°05′	
3	94°30′	+4°00′	-2°31′	
4	50°10′	+1°10′	+2°30′	
5	66°20′	-1°10′	+2°30′	
6	183°30′	+2°20′	-1°30′	

## ВАРИАНТ 2.

1. Определить азимут географический по известным магнитному азимуту и склонению магнитной стрелки, сделать чертёж:

№ п/п	Ам	$\delta$	Аг
1	4°47′	+11°15′	
2	161°28′	-9°50′	
3	186°07′	+6°15′	
4	356°13′	-12°20′	
5	270°21′	+10°20′	
6	310°36′	-9°18′	

2. Найти магнитный азимут по известным азимуту географическому и склонению магнитной стрелки, сделать чертёж:

№ п/п	Аг	$\delta$	Ам
1	358°02′	-7°35′	
2	333°44′	-9°18′	
3	97°38′	-4°18′	
4	124°51′	+7°36′	
5	2°23′	+5°40′	
6	222°14′	-5°16′	

3. Вычислить магнитный азимут по известным дирекционному углу, склонению магнитной стрелки и гауссову сближению меридианов, сделать чертёж:

№ п/п	$\alpha$	$\delta$	$\gamma$	Ам
1	163°20′	-4°30′	-1°33′	
2	298°05′	+8°45′	+2°30′	
3	89°45′	-6°10′	-1°30′	
4	1°10′	+2°20′	-2°30′	
5	78°45′	+8°45′	-1°30′	
6	283°30′	-4°30′	+1°10′	

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

**Тема:** *Устройство теодолитов. Взятие отсчётов по вертикальному и горизонтальному угломерным кругам. Порядок работы с теодолитом на местности при съёмках*

**Цель:** *Познакомиться с устройством теодолита. Научиться брать отсчёты по вертикальному и горизонтальному угломерным кругам. Освоить порядок работы с теодолитом на местности при измерении углов*

### 1. Устройство теодолита

*Теодолит* – прибор для измерения горизонтальных углов, вертикальных углов и дальномерных расстояний.

Основные части (рис. 5.1):

1. *Подставка* (треугольное плато) с тремя подъёмными винтами в его вершинах, крепится на штативе *становым винтом*; вращением подъёмных винтов можно наклонять теодолит в ту или иную сторону.

2. *Лимб* (кольцо с делениями  $0^{\circ}$ – $360^{\circ}$ ) с *закрепительным* (зажимным) винтом, служащим для закрепления его в неподвижном положении и *наводящим* винтом, служащим для медленного и плавного вращения лимба.

3. *Алидада* (отсчётное устройство) с *закрепительным* (зажимным) винтом, служащим для закрепления её в неподвижном положении и *наводящим* винтом, служащим для её медленного и плавного вращения.

4. *Зрительная труба* с *закрепительным* и *наводящим* винтом. Состоит из объектива, окуляра, сетки нитей, фокусирующей линзы.

5. *Две колонки* для горизонтальной оси вращения зрительной трубы.

6. *Вертикальный круг* (вращается вместе со зрительной трубой) состоит из алидады и лимба.

7. *Отсчетные приспособления*.

8. *Цилиндрические уровни*, по которым устанавливают в горизонтальное или вертикальное положение соответствующие части прибора. Ось уровня становится горизонтальной (вертикальной), когда пузырёк уровня находится на середине (в нуль–пункте).

### 2. Подготовка прибора к работе

При измерении горизонтального угла теодолит устанавливают в вершине измеряемого угла. Для этого сначала ставят штатив так, чтобы центр головки был примерно над точкой, а плоскость головки –

горизонтальна. Только после этого к штативу прикрепляют теодолит, проводят его *центрирование* и *горизонтирование*.

*Центрирование* (установка оси вращения теодолита VV на одной отвесной линии с точкой хода) проводится при помощи отвеса с точностью 5 мм путём вдавливания ножек штатива в грунт или изменения их длины. Окончательное центрирование производят передвигая теодолит при ослабленном становом винте.

*Горизонтирование* (нивелирование) – приведение оси вращения инструмента (ZZ) в вертикальное положение производится с помощью подъёмных винтов и цилиндрического уровня. Поворотом алидады ставят ось уровня по направлению двух подъёмных винтов и выводят пузырёк уровня на середину. Поворачивают алидаду на 90° и, пользуясь третьим подъёмным винтом, вновь пузырёк выводят на середину.

### 3. Визирование

Визирование – наведение центра сетки нитей на точку.

Сетка нитей – стеклянная пластинка, на которой нанесены линии (характер их нанесения может быть разным). Пересечение средней горизонтальной линии с вертикальной образует *центр сетки нитей Z* (рис. 5.2).

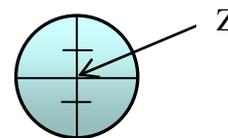


Рис.5.2. Сетка нитей

Для визирования на точку:

- закрепить лимб;
- открепить алидаду для того, чтобы по грубому визиру, расположенному наверху зрительной трубы, установить прибор примерно на искомую точку; закрепить алидаду;
- установить зрительную трубу для наблюдения так, чтобы сетка нитей имела резкое изображение. Эта операция называется *установкой по глазу* и производится вращением *окулярного колена*;
- установить зрительную трубу для наблюдения так, чтобы точка визирования была видна наилучшим образом. Эта операция называется *установкой по предмету* и производится вращением *кремальеры*.
- навести крест сетки нитей точно на точку визирования с помощью наводящих (микрометрических) винтов алидады и трубы;

Такое положение, когда вертикальный круг расположен справа от зрительной трубы (если смотреть со стороны окуляра), называют «*круг право*» (сокращенно – КП); если вертикальный круг расположен слева – «*круг лево*» (КЛ).

#### 4. Измерение горизонтального угла $\beta$

Для измерения горизонтального угла теодолит устанавливают в вершине измеряемого горизонтального угла (рис. 5.3, станция  $n$ ), а рейки – сзади кольшкочков на станциях  $n+1$  и  $n-1$  строго по створу линии. Перекрестие сетки нитей наводят на самую нижнюю видимую часть рейки, вертикальная нить должна совпадать с осью рейки.

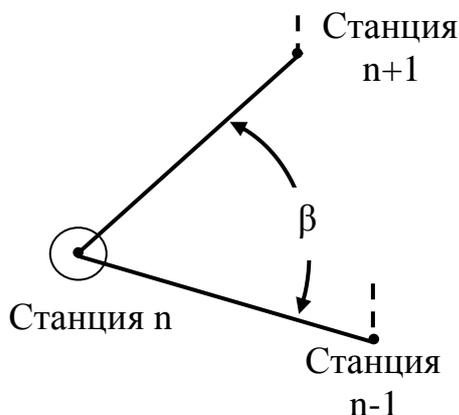


Рис. 5.3. Измерение горизонтального угла на станции  $n$ :  $\beta$  – горизонтальный угол

**Порядок измерения** горизонтального угла (способ отдельного угла или способ приёмов) (первыми проводят измерения при круге лево – КЛ) следующий (рис. 5.4):

- 1) визируют на вершину заднего (правого) угла ( $n-1$ ); берут отсчёт по лимбу горизонтального круга - отсчёт  $a_1$  (рис.5.4);
- 2) визируют на вершину переднего (левого) угла ( $n+1$ ), берут отсчёт  $a_2$ ;
- 3) вычисляют значение угла при круге лево

$$\beta_{кл} = a_1 - a_2. \quad (16)$$

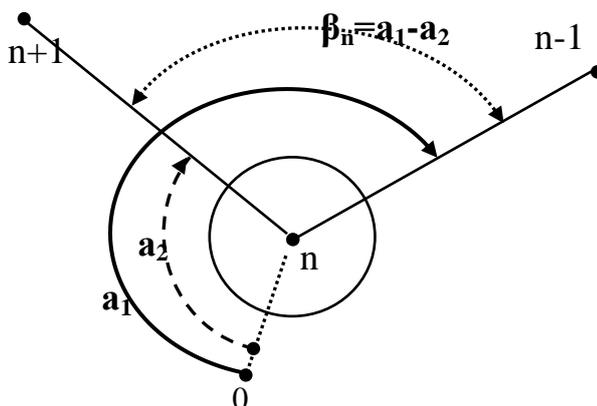


Рис.5.4. Измерение горизонтального угла  $\beta$  на станции  $n$  (КЛ):  $n$  – станция,  $n-1$  – вершина заднего угла,  $n+1$  – вершина переднего угла,  $a_1$  – отсчёт на вершину заднего угла,  $a_2$  – отсчёт на вершину переднего угла

На этом *первый полуприём (КЛ)* заканчивается. Перед *вторым полуприёмом* открепляют трубу и переводят её через зенит. Затем открепляют алидаду и разворачивают прибор на 180°, проводят измерения при КП. При втором полуприёме (КП) визирование и измерения производят аналогично, расхождение в значениях угла в двух полуприёмах (С) не должно превышать двойной точности прибора (t):

$$C \leq 2t. \quad (17)$$

При выполнении этого условия средний горизонтальный угол рассчитывают по формуле:

$$\beta_{cp} = \frac{\beta_{КЛ} + \beta_{КП}}{2}. \quad (18)$$

В случае, если отсчёт  $a_1$  меньше отсчёта  $a_2$  (когда нуль лимба закреплён между вершинами измеряемого угла), к отсчёту  $a_1$  сначала прибавляют 360°. Дальнейшие вычисления проводят в обычном порядке

**Взятие отсчётов по отсчётному микроскопу при измерении горизонтального угла (рис.5.5)**

Лимб горизонтального угломерного круга (ГУК) оцифрован всегда от нуля до 360° через 1°, слева направо.

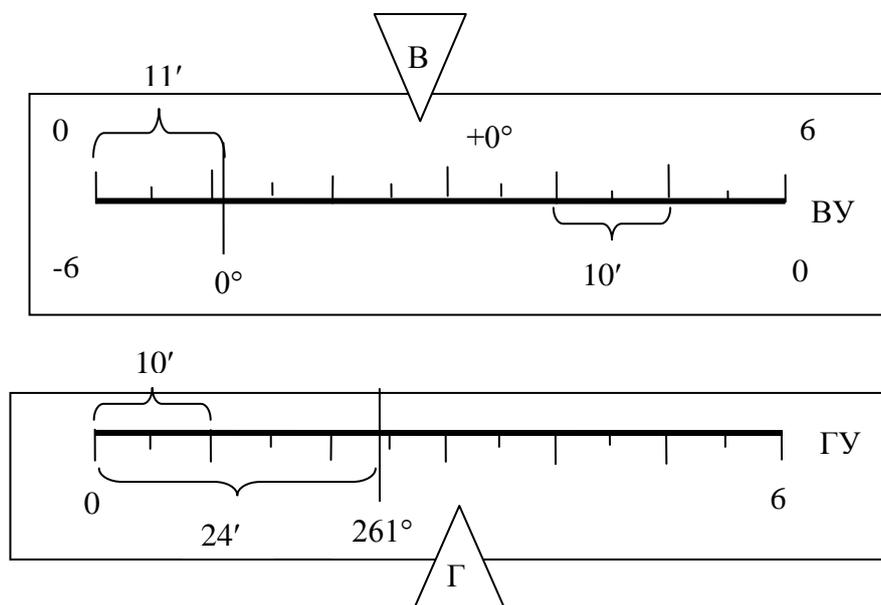


Рис.5.5. Отсчётный микроскоп теодолита 2Т30: отсчёт по ГУК – «261°24′»; отсчёт по ВУК – «плюс 0°11′»

Отсчёт берут следующим образом:

- считывают по шкале алидады количество градусов отсчётного штриха (по рисунку – 261°);

- считывают минуты слева направо от нуля, учитывая, что цена деления на шкале ГУ – 5' (по рисунку – 24').

Поле зрения штрихового микроскопа теодолита Т30 приведено на рис. 5.6. Взятие отсчёта по ГУК здесь не должно вызвать затруднений.

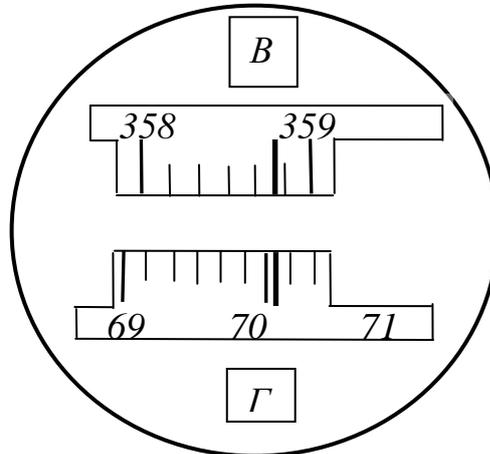


Рис. 5.6. Отсчётный микроскоп теодолита Т30: отсчёт по ГУК –  $70^{\circ}04'$ ; отсчёт по ВУК –  $358^{\circ}48'$ .

**Пример.** Вычислить горизонтальный угол на станции I. При взятии отсчётов теодолит визировали сначала на вершину заднего угла – станцию VII, а затем на вершину переднего угла – станцию II (рис.5.7). Получили отсчёты:

$$\begin{aligned} \text{КЛ}_{\text{VII}} &= 261^{\circ}24'; \\ \text{КЛ}_{\text{II}} &= 140^{\circ}24'; \\ \text{КП}_{\text{VII}} &= 81^{\circ}20'; \\ \text{КП}_{\text{II}} &= 320^{\circ}21'. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \beta_{\text{КЛ}} &= \text{КЛ}_{\text{VII}} - \text{КЛ}_{\text{II}} = \\ &= 261^{\circ}24' - 140^{\circ}24' = 121^{\circ}00'. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \beta_{\text{КП}} &= \text{КП}_{\text{VII}} - \text{КП}_{\text{II}} = \\ &= 81^{\circ}20' + 360^{\circ} - 320^{\circ}21' = 120^{\circ}59'. \end{aligned}$$

Так как первый отсчёт меньше второго, то к нему сначала прибавляют  $360^{\circ}$ , а затем проводят вычисления.

$$\beta_{\text{ср.}} = \frac{121^{\circ} + 120^{\circ}59'}{2} = 120^{\circ}59,5'.$$

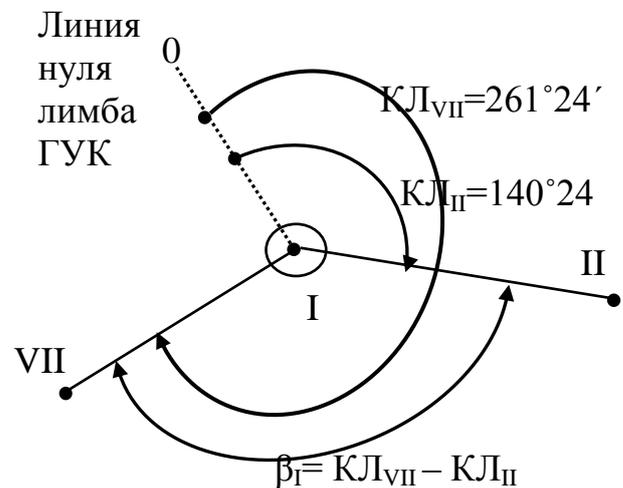


Рис. 5.7. Измерение горизонтального угла на станции I при круге лево

## 5. Измерение вертикального угла $\nu$

Углы наклона бывают положительные ( $+\nu$ ) и отрицательные ( $-\nu$ ), могут изменяться от  $0^\circ$  до  $90^\circ$ .

Перед каждым отсчётом алидаду необходимо устанавливать в горизонтальное положение, при котором  $\nu = 0$ . Это положение обеспечивается тогда, когда пузырёк цилиндрического уровня при трубе или алидаде находится на середине ампулы.

Однако даже при расположении пузырька уровня на середине ампулы линия нулей отсчётно приспособления может составлять некоторый угол с линией горизонта, который называется местом нуля вертикального круга (M0). *Место нуля* – отсчет по вертикальному кругу, когда пузырёк уровня при алидаде находится на середине. Поэтому особенностью измерения углов наклона является необходимость учёта места нуля (M0) вертикального круга. Для этого при создании съёмочного обоснования снимают отсчёты по ВУК при КЛ и КП, а при тахеометрической съёмке на каждой станции перед началом работы определяют место нуля.

При измерении углов наклона перекрестие сетки нитей наводят на высоту инструмента, отмеченную на рейке. Высоту инструмента определяют с помощью листа белой бумаги и рейки, приставляя её почти вплотную к окуляру. Наблюдатель при этом смотрит в объектив (лист передвигают по рейке до тех пор, пока он не закроет ровно  $\frac{1}{2}$  поля зрения). Высоту инструмента на рейке удобно отмечать тонкой круглой резинкой.

Сначала визируют при круге лево. Берут отсчёт. Затем переводят трубу через зенит, визируют и берут отсчёт при круге права.

### **Взятие отсчёта по отсчётному микроскопу при измерении вертикального угла**

Лимб вертикального угломерного круга (ВУК) может быть оцифрован по-разному. У теодолита 2Т30 (Т15, 2Т5) оцифровка секторная, при которой ВУК разбит на 4 сектора по  $90^\circ$ , из которых два сектора имеют положительную оцифровку, а два других – отрицательную. Для взятия отсчёта:

- считывают количество градусов отсчётного штриха (по рисунку – « $+0^\circ$ »);
- считывают минуты – если сверху стоит «-0» – по отрицательной шкале от нуля до отсчётного штриха, если сверху стоит «+0» – по положительной шкале от нуля до отсчётного штриха (по рисунку – « $+11'$ »). Далее проводят вычисление вертикального угла. При этом отсчёты от  $0^\circ$  до  $90^\circ$  соответствуют измеряемому

положительному вертикальному углу. Если отсчёты меньше  $360^\circ$  (от  $360^\circ$  до  $270^\circ$ ), то вертикальный угол отрицательный.

### Вычисление вертикальных углов

После снятия отсчётов рассчитывают вертикальный угол через  $M_0$ , либо угол наклона определяют по результатам двух отсчётов, полученных при визировании на наблюдаемую цель при двух положениях зрительной трубы (КЛ и КП).

Расчётные формулы угла наклона для теодолитов с круговой оцифровкой лимба против хода часовой стрелки (ТЗ0):

$$M_0 = \frac{КЛ + КП + 180^\circ}{2}; \quad \nu = КЛ - M_0; \quad (18, 19)$$

$$\nu = M_0 - (КП + 180^\circ); \quad \nu = \frac{КЛ - (КП + 180^\circ)}{2}, \quad (20, 21)$$

где КЛ и КП отсчёты по вертикальному кругу при его (круга) расположении слева и справа от работающего с теодолитом.

При вычислениях при значениях КП и КЛ меньше  $90^\circ$  к ним необходимо прибавлять  $360^\circ$ .

Расчётные формулы при секторной оцифровке лимба вертикального круга от нуля в обе стороны – по ходу и против хода часовой стрелки (2ТЗ0; Т15; 2Т5 и др.):

$$M_0 = \frac{КП + КЛ}{2}; \quad \nu = \frac{КЛ - КП}{2}. \quad (22, 23)$$

При расчёте по этим формулам добавлений  $360^\circ$  делать не нужно.

Вычисленные средние углы записывают в журнал.

**Пример.** Вычислить вертикальный угол для направления I-II (2ТЗ0). Отсчёт при КЛ равен  $0^\circ 11'$ , при КП -  $-0^\circ 12'$ . Расчет через место нуля:

$$M_{0I} = \frac{КЛ_{I-II} + КП_{I-II}}{2} = \frac{0^\circ 11' + (-0^\circ 12')}{2} = -0^\circ 00,5';$$

$$\nu_{I-II} = M_0 - КП = -0^\circ 00,5' - (-0^\circ 12') = 0^\circ 11,5'.$$

Расчёт  $\nu$  по результатам двух отсчётов:

$$\nu_{I-II} = \frac{КЛ - КП}{2} = \frac{0^\circ 11' - (-0^\circ 12')}{2} = 0^\circ 11,5'.$$

**Пример.** Вычислить вертикальный угол для направления IV-V (ТЗ0). Отсчёт при КЛ равен  $2^\circ 48'$ , при КП -  $177^\circ 10'$ . Расчет через место нуля:

$$M_0 = \frac{КП_{IV-V} + КЛ_{IV-V} + 180^\circ}{2} = \frac{2^\circ 48' + 177^\circ 10' + 180^\circ + 360^\circ}{2} = 359^\circ 59';$$

$$\nu_{IV-V} = КЛ_{IV-V} - M_0 = 2^\circ 48' + 360^\circ - 359^\circ 59' = 2^\circ 49'.$$

Расчёт  $\nu$  по результатам двух отсчётов:

$$v_{IV-V} = \frac{KI - (KII + 180^\circ)}{2} = -\frac{2^\circ 48' + 360^\circ - (177^\circ 10' + 180^\circ)}{2} = \frac{362^\circ 48' - 357^\circ 10'}{2} = 2^\circ 49'.$$

## 6. Задание

### ВАРИАНТ 1

1. Вычислить значение горизонтального угла, измеренного способом приёмов теодолитом Т30:

№ станции	№ точки	Отсчёты по горизонтальному угломерному кругу:		Горизонтальный угол	
		градусы	минуты	$\beta$	$\beta_{ср}$
1	6	122	23		
	2	339	45		
	6	243	52		
	2	101	13		
3	2	42	16		
	4	277	38		
	2	354	27		
	4	229	50		

2. Вычислить значение места нуля (M0) и угла наклона (v):

№ станции	№ точки	Положение вертикального круга	Отсчёты по вертикальному угломерному кругу:		Угол наклона из двух отсчётов	Место нуля вертикального круга	Угол наклона через место нуля
			градусы	минуты			
4	5	КЛ	2	48			
		КП	177	10			
3	2	КЛ	243	33			
		КП	101	29			
1	2	КЛ	42	43			
		КП	277	18			
5	6	КЛ	354	36			
		КП	229	36			

## ВАРИАНТ 2

1. Вычислить значение горизонтального угла, измеренного способом приёмов теодолитом Т30:

№ станции	№ точки	Отсчёты по горизонтальному угломерному кругу:		Горизонтальный угол	
		градусы	минуты	$\beta$	$\beta_{\text{ср}}$
1	6	304	23		
	2	161	5		
	6	27	59		
	2	244	42		
3	6	148	41		
	4	33	19		
	6	251	39		
	4	136	16		

2. Вычислить значение места нуля (M0) и угла наклона ( $v$ ):

№ станции	№ точки	Положение вертикального круга	Отсчёты по вертикальному угломерному кругу:		Угол наклона из двух отсчётов	Место нуля вертикального круга	Угол наклона через место нуля
			градусы	минуты			
3	2	КЛ	358	40			
		КП	181	17			
4	3	КЛ	2	23			
		КП	177	41			
4	5	КЛ	357	34			
		КП	182	24			
3	4	КЛ	3	19			
		КП	176	42			

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

**Тема:** *Камеральная обработка результатов теодолитной съёмки и вычерчивание ситуационного плана*

**Цель:** *Освоить обработку журнала теодолитной съёмки. Научиться строить ситуационный (контурный план) по результатам полевых измерений*

В основу теодолитной съёмки положены теодолитные ходы. Теодолитные ходы лежат также в основе тахеометрической и мензульной съёмок.

Полевая теодолитная съёмка включает следующие этапы:

- прокладка теодолитного хода;
- полевые работы по съёмке ситуации;
- вычисление координат точек теодолитного хода;
- вынос на бумагу координат точек и ситуации – вычерчивание контурного плана.

В результате выполнения первого этапа получают *журнал измерения углов и дальномерных расстояний (журнал прокладки теодолитного хода)*, второго – *журнал теодолитной съёмки и абрисы*. Следующие два этапа выполняют камерально.

### **1. Обработка журнала прокладки теодолитного хода (вычисление координат точек теодолитного хода)**

1.1. Для увязки горизонтальных углов хода в полигоне *рассчитать угловую невязку (погрешность измерения) теодолитного хода* по формуле:

$$f_{\beta} = \sum \beta_{изм.} - \sum \beta_{теор.}, \quad (24)$$

где  $\sum \beta_{изм.}$  – сумма внутренних измеренных углов;  $\sum \beta_{теор.}$  – теоретическая сумма внутренних углов.

Теоретическую сумму внутренних углов вычисляют по формуле:

$$\sum \beta_{теор.} = \alpha_{нач.} - \alpha_{кон.} + 180^{\circ} \cdot n - \text{для разомкнутого хода}, \quad (25)$$

$$\sum \beta_{теор.} = 180^{\circ}(n - 2) - \text{для сомкнутого хода}, \quad (26)$$

где  $n$  – количество углов в полигоне,  $\alpha_{нач.}$  и  $\alpha_{конечн.}$  – дирекционные углы начальной и конечной сторон.

1.2. *Вычислить допустимую угловую невязку:*

$$f_{\beta \text{ доп.}} = 2t\sqrt{n} - \text{для разомкнутого хода}; \quad (27)$$

$$f_{\beta \text{ доп.}} = 1,5t\sqrt{n} - \text{для сомкнутого хода}, \quad (28)$$

где  $n$  – количество точек съёмочной сети,  $t$  – точность прибора в секундах (если Т30, то  $t=30$  сек).

### 1.3. Сравнить угловую невязку теодолитного хода с допустимой.

Если выполняется условие  $f_{\beta} \text{ доп.} \geq f_{\beta}$ , то распределить эту невязку с обратным знаком поровну на все углы хода. Для этого вычислить угловую поправку  $\delta\beta$ :

$$\delta\beta = \frac{f_{\beta}}{n}, \quad (29)$$

где  $n$  – количество углов полигона.

Если  $f_{\beta}$  получили со знаком «+», то поправка углов  $\delta\beta$  будет со знаком «-», если  $f_{\beta}$  с «-», то поправка углов  $\delta\beta$  с «+».

*Пример 1.* Если  $f_{\beta} = +1,2'$ ;  $n = 6$ , то  $\delta\beta = \frac{f_{\beta}}{n} = \frac{1,2'}{6} = 0,2'(-)$ .

### 1.4. Вычислить исправленные углы:

$$\beta_{I \text{ исп.}} = \beta_I \pm \delta\beta; \beta_{II \text{ исп.}} = \beta_{II} \pm \delta\beta \text{ и т.д.} \quad (30)$$

Исправленные углы записать в соответствующую графу таблицы.

*Пример 2.* Если  $\beta_I = 59^{\circ}40,2'$ ;  $\delta\beta = -0,2'$ , то

$$\beta_{I \text{ исп.}} = \beta_I \pm \delta\beta = 59^{\circ}40,2' - 0,2' = 59^{\circ}40'.$$

1.5. *Контроль:* просуммировать исправленные углы и убедиться, что угловая невязка равна нулю ( $f_{\beta} = 0$ ), а  $\sum \beta_{\text{изм.}} = \sum \beta_{\text{теор.}}$ .

1.6. *Вычислить дирекционные углы* последовательно для всех сторон, зная дирекционный угол начальной стороны и исправленные горизонтальные углы  $\beta$  вершин теодолитного хода, по формулам:

$$\begin{aligned} \alpha_{II-III} &= \alpha_{I-II} + 180^{\circ} - \beta_{II \text{ исп.}}; \\ \alpha_{III-IV} &= \alpha_{II-III} + 180^{\circ} - \beta_{III \text{ исп.}} \end{aligned} \quad \text{и т.д.} \quad (31)$$

Если в результате вычислений получили дирекционный угол больше  $360^{\circ}$ , то его нужно уменьшить на  $360^{\circ}$ , а если сумма  $\alpha_{n-1} + 180^{\circ}$  меньше вычитаемого угла, то её нужно сначала увеличить на  $360^{\circ}$ .

*Пример 3.* Если  $\alpha_{I-II} = 113^{\circ}47'$ ,  $\beta_{II \text{ исп.}} = 230^{\circ}11'48''$ , то

$$\alpha_{II-III} = \alpha_{I-II} + 180^{\circ} - \beta_{II \text{ исп.}} = 113^{\circ}47' + 180^{\circ} - 230^{\circ}11'48'' = 63^{\circ}35'12''.$$

1.7. *Контролем вычислений дирекционных углов* для разомкнутого хода служит получение уже известного значения дирекционного угла конечной стороны, а для сомкнутого – дирекционного угла начальной стороны.

1.8. Перевести полученные дирекционные углы в румбы, пользуясь схемой взаимосвязи дирекционных углов и румбов (табл. 2).

*Пример 4.* Если  $\alpha_{I-II} = 113^\circ 47'$ , то для второй четверти связь дирекционных углов и румбов выражается формулой  $r = 180^\circ - \alpha$ , поэтому  $r_{I-II} = 180^\circ - 113^\circ 47' = 66^\circ 13' : ЮВ$ .

1.9. Рассчитать средние горизонтальные проложения сторон:

$$d_{ср. I-II} = \frac{d_{I-II} + d_{II-I}}{2}. \quad (32)$$

*Пример 5.*  $d_{ср. I-II} = \frac{143,10 + 143,18}{2} = 143,14 \text{ м.}$

1.10. Зная горизонтальное проложение (d) и румбы сторон вычислить приращения координат по формулам:

$$\Delta X_1 = d_1 \cos r_{I-II} \text{ и } \Delta Y_1 = d_1 \sin r_{I-II}; \quad (33, 34)$$

$$\Delta X_2 = d_2 \cos r_{II-III} \text{ и } \Delta Y_2 = d_2 \sin r_{II-III} \text{ и т.д.}$$

Знаки приращений устанавливаются по их румбам.

*Пример 6.* Если  $r_{I-II} = ЮВ : 66^\circ 13'$ ,

то  $\Delta X_1 = d_1 \cdot \cos r_{I-II} = 143,14 \cdot \cos 66^\circ 13' = 57,73 \text{ м (+)}$ .

$\Delta Y_1 = d_1 \cdot \sin r_{I-II} = 143,14 \cdot \sin 66^\circ 13' = 131,00 \text{ м (+)}$ .

1.11. Вычислить суммы приращений для X и для Y по следующим формулам:

$$\sum \Delta X_{измер.} = \sum \Delta X^{+"} + \sum \Delta X^{-"}, \quad (35)$$

$$\sum \Delta Y_{измер.} = \sum \Delta Y^{+"} + \sum \Delta Y^{-"} . \quad (36)$$

1.12. Для разомкнутого полигона линейная невязка хода по X и по Y – fX, fY вычисляется следующим образом:

$$fX = \sum \Delta X_{измер.} - \sum \Delta X_{теор.}, \text{ где } \sum \Delta X_{теор.} = X_{конечн.} - X_{нач.} \quad (37)$$

$$fY = \sum \Delta Y_{измер.} - \sum \Delta Y_{теор.}, \text{ где } \sum \Delta Y_{теор.} = Y_{конечн.} - Y_{нач.} \quad (38)$$

*Пример 7.* Если  $X_{конечн.} = X_{30} = 1274,4 \text{ м}$ ,  $X_{нач.} = X_{29} = 1015,15 \text{ м}$ ,  $\sum \Delta X_{измер.} = 259,41 \text{ м}$ , то

$$\sum \Delta X_{теор.} = X_{конечн.} - X_{нач.} = X_{30} - X_{29} = 1274,4 - 1015,15 = 259,25 \text{ м.}$$

$$fX = 259,41 - 259,25 = 0,16 \text{ м.}$$

*Пример 8.* Если  $Y_{конечн.} = Y_{30} = -1444,15 \text{ м}$ ,  $Y_{нач.} = Y_{29} = -1984,85 \text{ м}$ ,  $\sum \Delta Y_{измер.} = 540,68 \text{ м}$ , то

$$\sum \Delta Y_{теор.} = Y_{конечн.} - Y_{нач.} = Y_{30} - Y_{29} = -1444,15 + 1984,85 = 540,7 \text{ м.}$$

$$fY = 540,68 - 540,7 = -0,02 \text{ м.}$$

Поскольку в замкнутом полигоне сумма приращений координат должна быть равна нулю, то для замкнутого хода должны получить:

$$\sum \Delta X_{\text{измер.}} = fX = 0, \quad \sum \Delta Y_{\text{измер.}} = fY = 0. \quad (39, 40)$$

Однако мы получаем числа, отличные от нуля (невязка приращений). Это ошибка наших измерений.

В обоих случаях мы должны, рассчитав поправки, увязать приращения.

1.13. *Рассчитать абсолютную линейную невязку  $f_{\text{абс.}}$ , затем относительную линейную невязку  $f_{\text{отн.}}$ :*

$$f_{\text{абс.}} = \pm \sqrt{fX^2 + fY^2}, \quad (41)$$

$$f_{\text{отн.}} = \frac{1}{P : f_{\text{абс.}}}. \quad (42)$$

1.14. *Сравнить  $f_{\text{отн.}}$  с допустимой линейной невязкой:*

$$f_{\text{отн.}} \leq f_{\text{доп.}} \quad (43)$$

При измерении расстояний мерной лентой  $f_{\text{доп.}} = \frac{1}{2000}$ .

Если соотношение выполняется, считаем дальше; если линейная невязка недопустима, то ищем ошибку либо в вычислениях, либо в измерениях.

1.15. *Посчитать поправки  $\delta \Delta X$  и  $\delta \Delta Y$ , распределив линейную невязку пропорционально на все значения  $\Delta X$  и  $\Delta Y$  с обратным знаком по формулам:*

$$\delta \Delta X_1 = \frac{fX}{P} \cdot d_1; \quad \delta \Delta Y_1 = \frac{fY}{P} \cdot d_1. \quad (44, 45)$$

$$\delta \Delta X_2 = \frac{fX}{P} \cdot d_2; \quad \delta \Delta Y_2 = \frac{fY}{P} \cdot d_2 \text{ и т.д.}$$

*Пример 9.* Если  $fX = 0,16$ ,  $P = 683,62 \text{ м}$ ,  $d = 143,14 \text{ м}$ , то  $\delta \Delta X_1 = \frac{0,16}{683,62} \cdot 143,14 = 0,034(-) \text{ м}$ ;

Если  $fY = -0,02$ , то  $\delta \Delta Y_1 = \frac{0,02}{683,62} \cdot 143,14 = 0,004(+)\text{ м}$ .

1.16. *Вычислить исправленные приращения по следующим формулам:*

$$\Delta X_1 \pm \delta \Delta X_1 = \Delta X_{1\text{испр.}}; \quad (46)$$

$$\Delta Y_1 \pm \delta \Delta Y_1 = \Delta Y_{1\text{испр.}} \quad (47)$$

*Пример 10.* Если  $\Delta X_1 = 63,68 \text{ м}$ ,  $\delta \Delta X_1 = -0,034 \text{ м}$ ,  $\Delta Y_1 = 129,19 \text{ м}$ ,  $\delta \Delta Y_1 = 0,004 \text{ м}$ ,

то  $\Delta X_{1\text{испр.}} = \Delta X_1 - \delta \Delta X_1 = 63,68 - 0,034 = 63,646 \text{ м}$ .

$$\Delta Y_{1\text{испр.}} = \Delta Y_1 + \delta \Delta Y_1 = 128,19 + 0,004 = 128,194 \text{ м}.$$

1.17. Для разомкнутого полигона контролем является выполнение равенств:

$$\sum \Delta X_{испр.} = \sum \Delta X_{теор.}; \sum \Delta Y_{испр.} = \sum \Delta Y_{теор.}. \quad (48, 49)$$

Для сомкнутого – получение значений координат X и Y для начальной точки.

1.18. Вычислить координаты вершин X и Y по следующим формулам:

$$X_{II} = X_I + \Delta X_{I_{исп.}}; Y_{II} = Y_I + \Delta Y_{I_{исп.}}. \quad (50, 51)$$

Пример 11. Дано:  $X_I = 1015,15$  м;  $Y_I = -1984,85$  м ;

$$\Delta X_{I_{исп.}} = 63,646; \Delta Y_{I_{исп.}} = 128,194$$

Решение:  $X_{II} = X_I + \Delta X_{I_{исп.}} = 1015,15 + 63,646 = 1078,796$  м.

$$Y_{II} = Y_I + \Delta Y_{I_{исп.}} = -1984,85 + 128,194 = -1856,66$$
 м.

1.19. Контролем является получение заданных координат X и Y конечной точки (разомкнутый полигон) и получение исходных значений координат для начальной точки (сомкнутый полигон).

## 2. Построение плана участка теодолитной съёмки

2.1. Построить координатную сетку.

Вычертить сетку необходимо с помощью циркуля-измерителя и масштабной линейки.

- Начертить рамку, отступив по краю листа формата А4 0,5 см (рис. 6.1 а).

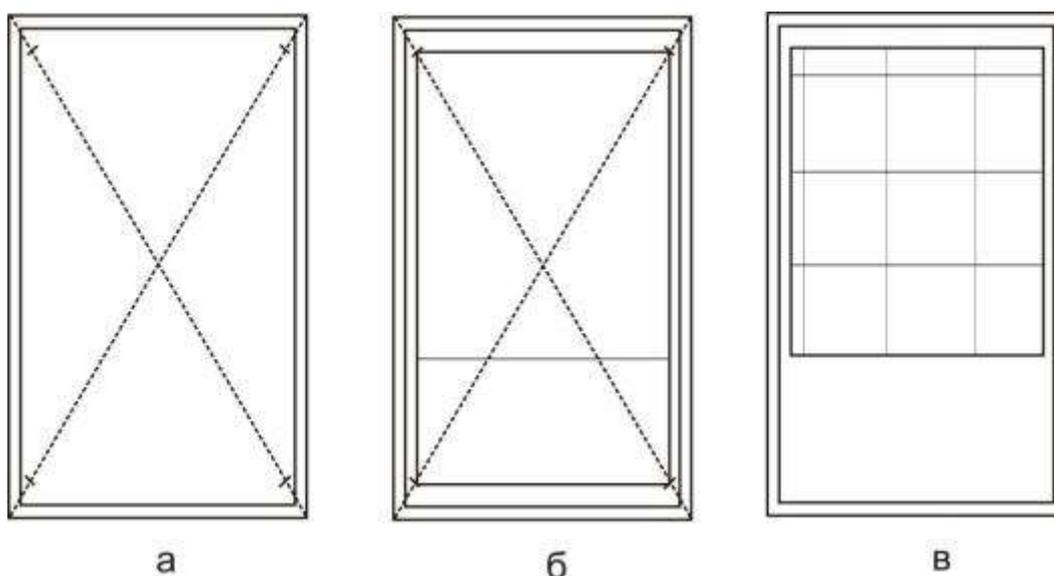


Рис. 6.1. Построение координатной сетки

- С угла на угол провести две диагонали. Из точки пересечения диагоналей с помощью циркуля-измерителя промерить расстояния до углов. Расстояния должны быть одинаковы (погрешность 0,1 мм) (рис. 6.1 а).

- Из точки пересечения диагоналей с помощью циркуля-измерителя сделать засечки на этих линиях, отступив от каждого угла, например, 1 см. Точки соединить в прямоугольник (рис. 6.1 б).

- На вертикальных линиях прямоугольника отмерить снизу примерно 1/3 часть, соединить точки. Ниже этой линии вспомогательные линии стереть – это место для условных знаков.

- Построить сетку квадратов (100м x 100м), для этого последовательно отложить по горизонтали и по вертикали из левого нижнего угла по 5 см. Точки соединить (рис. 6.1 в).

- Промерить диагонали каждого квадрата циркулем измерителем (чертить диагонали не надо), они должны быть равны.

Оцифровать координатную сетку. Для этого определить максимальное и минимальное значения X и Y среди вычисленных координат. У нижней горизонтальной линии сетки слева от крайней вертикальной линии подписывают минимальное значение абсцисс, а у верхней крайней линии – максимальное значение. Промежуточные горизонтальные линии сетки имеют абсциссы, кратные длине стороны квадрата сетки (рис. 6.2).

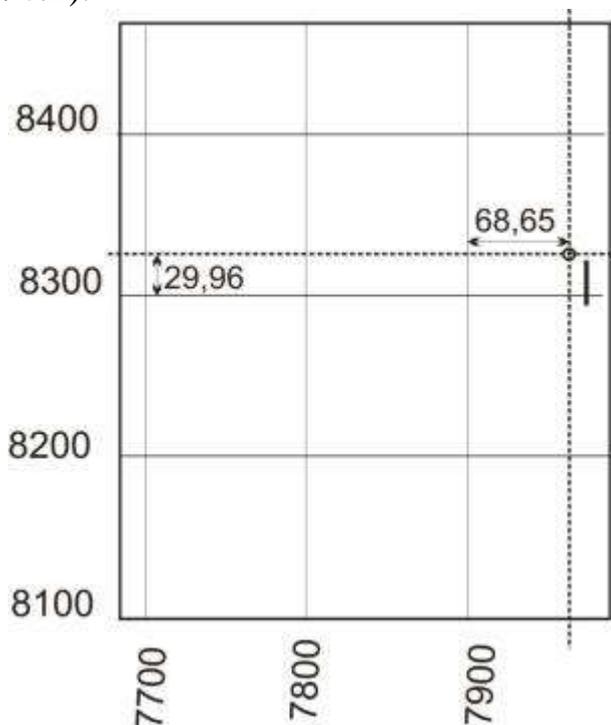


Рис. 6.2. Вынос на координатную сетку точки I ( $X=8329,96$  км;  $y=7968,65$  км)

*Пример 12.* В масштабе плана (1:2000) стороне квадрата в 5 см соответствует на местности расстояние в 100 м. Пусть самая северная (имеющая наибольшее значение X) и самая южная (имеющая наименьшее значение X) точки имеют абсциссы:

$$X_{\text{СЕВ.}} = +8329,96 \text{ м}; X_{\text{ЮЖН.}} = + 8127,59 \text{ м.}$$

Отсюда горизонтальные линии координатной сетки снизу вверх подпишем так: 8100; 8200; 8300; 8400 (*рис. 6.2*).

Аналогично подписывают вертикальные линии координатной сетки. При оцифровке сетки следует помнить, что значения абсцисс возрастают снизу вверх, а ординат – слева направо. Вспомогательные линии после построения координатной сетки необходимо убрать.

*2.2. Вынести на координатную сетку вершины теодолитного хода* с помощью циркуля измерителя и поперечного масштаба по их координатам. Для этого сначала определяют квадрат сетки, в котором должна находиться вершина угла. Далее на противоположных сторонах этого квадрата циркулем измерителем с использованием поперечного масштаба откладывают отрезки, соответствующие разностям одноимённых координат точки и «младших» сторон квадрата. Точки отложения отрезков на сторонах квадрата попарно соединяют линиями, пересечение которых даёт положение наносимого на план пункта.

*Пример 13.* Пусть требуется нанести точку I с координатами  $X_I = 8329,96$  м и  $Y_I = 7968,65$  м. По направлению оси X точка должна находиться между линиями сетки с абсциссами «+ 8300» и «+8400». От линии с абсциссой «+ 8300» по вертикальным сторонам квадрата откладывают вверх расстояние 29,96 м с помощью поперечного масштаба и циркуля-измерителя и проводят линию, параллельную линии с абсциссой «+8300» (*рис. 6.2*). Вдоль этой линии от вертикальной линии сетки с ординатой «7900» откладывают вправо расстояние – 68,65 м.

Полученную точку обозначают наколом иглы циркуля-измерителя и обводят окружностью диаметром 1,5 мм; внутрь этой окружности линии не заходят. Рядом записывают номер точки.

Для контроля правильности нанесения на план двух соседних точек сравнивают расстояние между ними в масштабе плана с горизонтальным проложением из ведомости вычисления координат. Расхождение не должно превышать 0,2 мм на плане, т.е. графической точности масштаба.

*2.3. Построить контурный план и оформить работу:*

- нанести ситуацию и контуры угодий;

- вычертить план карандашом и тушью;
- вычертить надписи.

Ситуацию наносят на план от сторон теодолитного хода и точек съёмочной сети согласно **абрисам** съёмки – схематическим чертежам местности, в которых занесены все результаты измерений. При этом местные предметы и характерные точки контуров наносят на план в соответствии с результатами и способами съёмки: способами перпендикуляров, полярных координат и т.п. Способы нанесения контурных точек аналогичны способам съёмки их на местности, но действия совершают в обратном порядке. При накладке ситуации на план расстояния откладываются при помощи циркуля-измерителя и линейки поперечного масштаба, а углы — транспортиром.

При нанесении точек, снятых способом перпендикуляров, перпендикуляры к сторонам хода восстанавливают прямоугольным треугольником. При построении контуров от начала опорной линии на плане откладывают расстояния до оснований перпендикуляров; в полученных точках, пользуясь выверенным прямоугольным треугольником, строят перпендикуляры, на которых откладывают их длины. Соединив концы перпендикуляров, получают изображение контура местности.

Для накладки на план точек, снятых способом створов, от соответствующих вершин теодолитного хода с помощью циркуля-измерителя откладывают в масштабе плана расстояния до точек, указанные в абрисе.

Для нанесения точек, снятых полярным способом, можно использовать тахеограф или транспортир, для чего центр транспортира совмещают с вершиной хода, принятой за полюс, а нуль транспортира — с направлением стороны хода. По дуге транспортира откладывают углы, измеренные теодолитом при визировании на точки местности, и прочерчивают направления, да которых откладывают расстояния до точек, указанные в абрисе.

При нанесении точек способом угловых засечек транспортиром в вершинах опорных сторон откладывают углы и прочерчивают направления, пересечения которых определяют положения искомых точек. Нанесение точек способом линейных засечек выполняется при помощи циркуля-измерителя и сводится к построению треугольника по трем сторонам, длины которых измерены на местности.

При построении контуров местности на плане все вспомогательные построения выполняют тонкими линиями. Значения углов и расстояний, приведенные в абрисе, на плане не показывают.

По мере накладки точек на план по ним в соответствии с абрисами вычерчивают объекты местности и контуры их заполняют

установленными условными знаками. Составленный план тщательно корректируют; при возможности сличают его с местностью.

При построении контуров местности на плане все вспомогательные построения выполняют тонкими линиями. Ситуация изображается на плане условными знаками, принятыми для данного масштаба плана.

Под рамкой привести все используемые условные знаки для М 1:2000. Кроме того, напротив каждой стороны полигона указать в виде дроби: в числителе – румб, а в знаменателе – взятое из журнала горизонтальное проложение стороны, например,  $\frac{CB: 40^{\circ}15'}{222,22}$ . Это обозначение также привести в условных знаках.

Под южной стороной рамки указать масштабы плана: численный, именованный, линейный.

### 3. Задание

Обработать журнал теодолитной съёмки (*табл. 6.1*) и построить контурный план в масштабе 1:2000 на листе чертежной бумаги формата 210x297 мм. Координатную сетку построить в интервале 100 м. Ситуацию вычертить, согласно абрисам и в соответствии с таблицами условных знаков для топографических планов. Основой съёмки является замкнутый теодолитный ход. Углы (правые по ходу) измерялись одним приемом с помощью теодолита, имеющего точность  $t=0',5$ . Длины сторон измерялись стальной двадцатиметровой лентой в прямом и обратном направлениях. Створы сторон расположены на равнинной местности с твердым грунтом. Результаты измерений, а также координаты первой точки включены в ведомость вычисления координат вершин теодолитного хода. Дирекционный угол с первой на вторую точку каждому студенту выдается преподавателем. Данные съёмки ситуации представлены в абрисах (*рис. 6.3, рис. 6.4*).

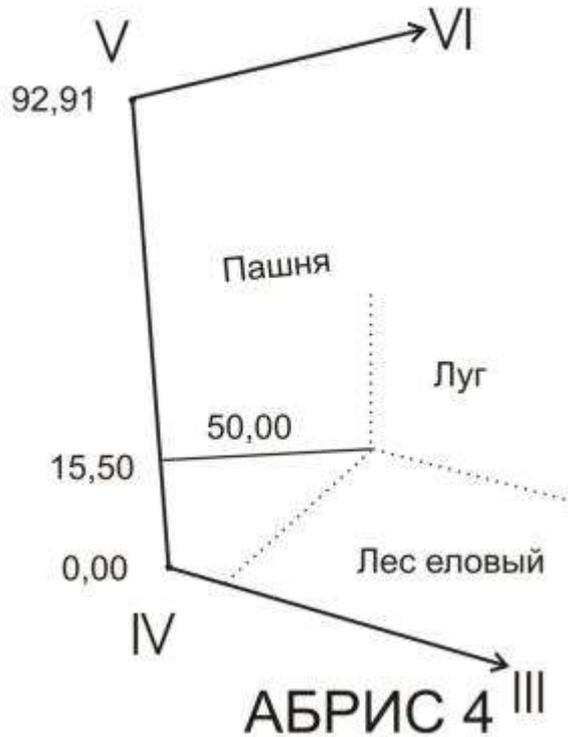
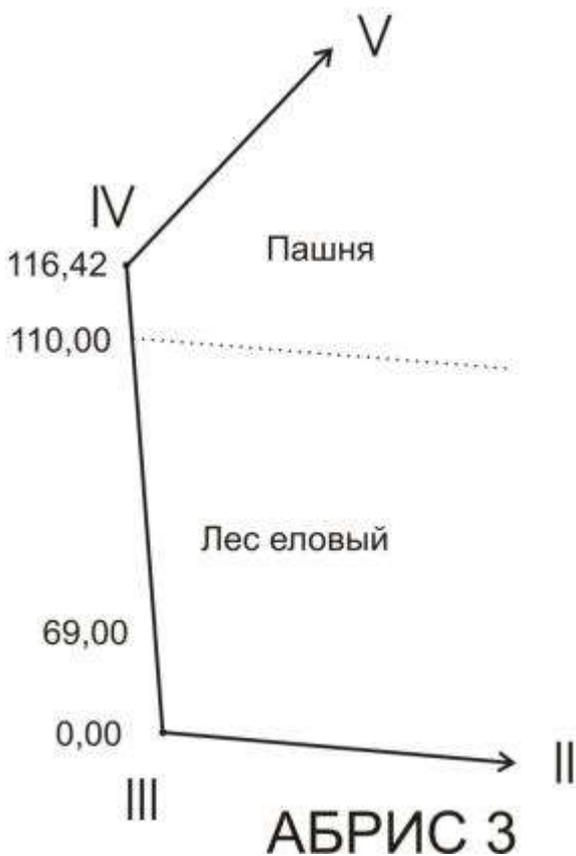
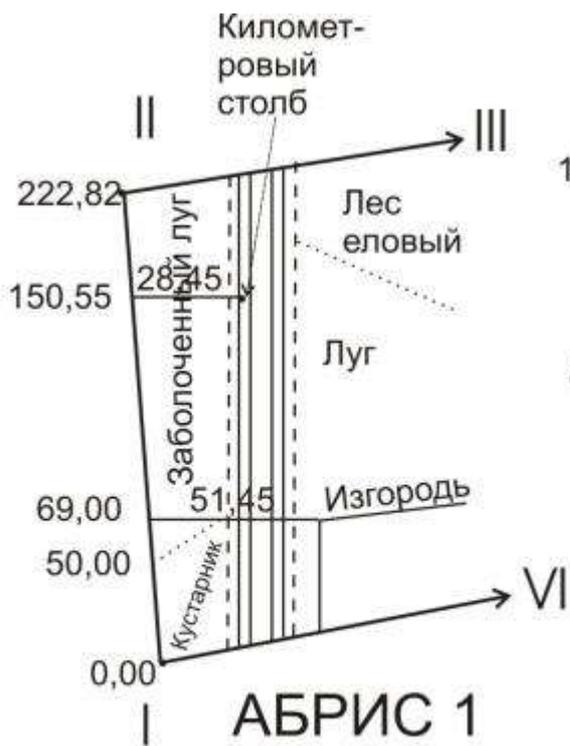


Рис. 6.3. Абрисы 1-4 теодолитной съёмки



Рис. 6.4. Абрисы 5-6 теодолитной съёмки

Таблица 6.1

## ВЕДОМОСТЬ ВЫЧИСЛЕНИЯ КООРДИНАТ ВЕРШИН ТЕОДОЛИТНОГО ХОДА

№ № точек	Внутренние углы				Дирек- ционные углы (ази- муты) d (А)	Румбы, r		Горизонтальные продолжения сторон d, м	Приращения, м								Координаты, м					
	изме- ренные		исправ- ленные						вычисленные				исправленные									
	о	′	о	′					о	′	чет- верть	о	′	±	$\Delta x =$ $=d \cdot \cos r$	±	$\Delta y =$ $=d \cdot \sin r$	±	$\Delta x$	±	$\Delta y$	±
I	79	30,2						222,82												8328,12		7745,84
II	118	5,5						144,15														
III	97	1,2						116,42														
IV	149	27,5						92,91														
V	131	39,2						110,38														
VI	144	15,2						127,05														
I																						
II																						
$\Sigma \beta_{из}$								P=	$\Sigma \Delta x$		$\Sigma \Delta y$		$\Sigma \Delta x$		$\Sigma \Delta y$							
$\Sigma \beta_{т}$																						
f $\beta$									f $\Delta x$		f $\Delta y$											

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7

**Тема:** Устройство нивелиров. Обработка результатов нивелирования линейного объекта. Построение профиля геометрического нивелирования

**Цель:** Освоить обработку журнала технического нивелирования, в том числе изучить особенности вычисления высотных отметок связующих и промежуточных точек.

### 1. Устройство нивелиров

Нивелир – геодезический прибор, предназначенный для определения превышений между точками горизонтальным лучом визирования.

Нивелир любой конструкции состоит из трех основных частей (рис. 7.1, 7.2):

- зрительной трубы – 1;
- устройства для обеспечения горизонтальности линии визирования – 2;
- подставки с устройством для установки прибора в рабочее положение – 3.

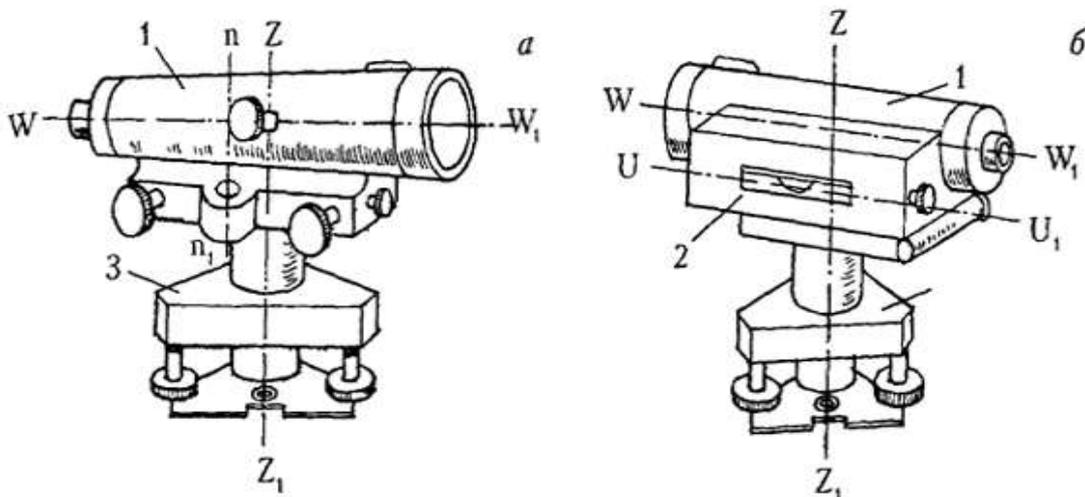


Рис.7.1. Устройство нивелира: 1–зрительная труба, 2–цилиндрический уровень, 3–подставка; Z–Z1 – ось вращения нивелира, W–W1 – визирная ось, U–U1 – ось цилиндрического уровня

Современные нивелиры делятся на две группы: 1) нивелиры с цилиндрическими уровнями (уровенные нивелиры); 2) нивелиры с компенсаторами, автоматически устанавливающими визирную ось трубы в горизонтальное положение.

В соответствии с ГОСТ 10528-76 предусмотрен выпуск нивелиров трех групп: высокоточные (Н-05), точные (Н-3) и технические (Н-10). В шифре прибора цифры 0,5; 3; 10 означают среднюю квадратическую погрешность определения превышений в мм на 1 км двойного хода. Уровенные нивелиры добавочных обозначений в шифре не имеют, для нивелиров с компенсаторами добавляется буква К (например Н-3К).

Нивелиры типа Н-3 и Н-10 могут быть также с лимбами для измерения горизонтальных углов. При наличии лимба в шифре прибора добавляется буква Л (например, Н-10КЛ).

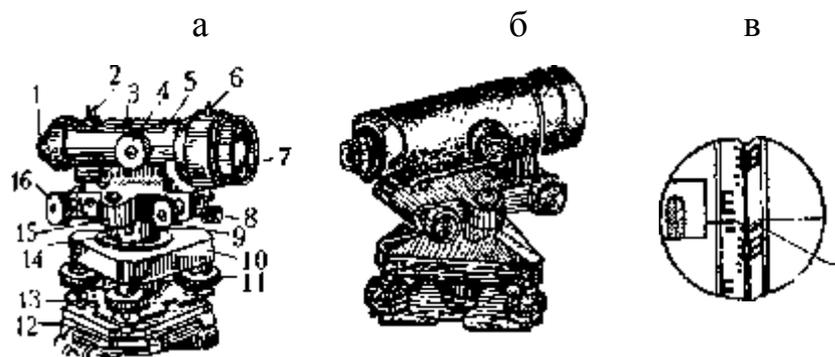


Рис. 7.2. Общий вид нивелира НВ-1(а); 1 - окуляр, 2 - целик; 3 – цилиндрический уровень; 4 - кремальера для фокусировки; 5 - труба; 6 – мушка; 7 - объектив; 8, 9 - закрепительный и наводящий винты трубы; 10 - подставка; 11 - подъемный винт; 12 - головка штатива; 13 - треггер; 14 - втулка; 15 - круглый уровень; 16 – элевационный винт; нивелир Н-3 (б); поле зрения НВ-1, Н-3 (в)

## 2. Обработка результатов нивелирования линейного объекта

Для определения превышения на точки, между которыми необходимо определить превышение, устанавливают двусторонние нивелирные рейки, а между ними – нивелир (при нивелировании из середины) (рис. 7.3).

Нивелир приводят в рабочее положение, устанавливая пузырек круглого уровня в центр. Рейки поворачивают черной стороной к нивелиру, трубу наводят на заднюю рейку и, приведя в контакт изображения концов пузырька цилиндрического уровня, снимают отсчет  $a_ч$  («а» чёрное). Затем визируют трубу на переднюю рейку и снимают отсчет  $b_ч$  («б» чёрное). После этого рейки переворачивают красной стороной к нивелиру и снимают отсчет по передней рейке  $b_{кр}$  («в» красное). Поворачивают трубу вновь на заднюю рейку и снимают отсчет  $a_{кр}$  («а» красное).

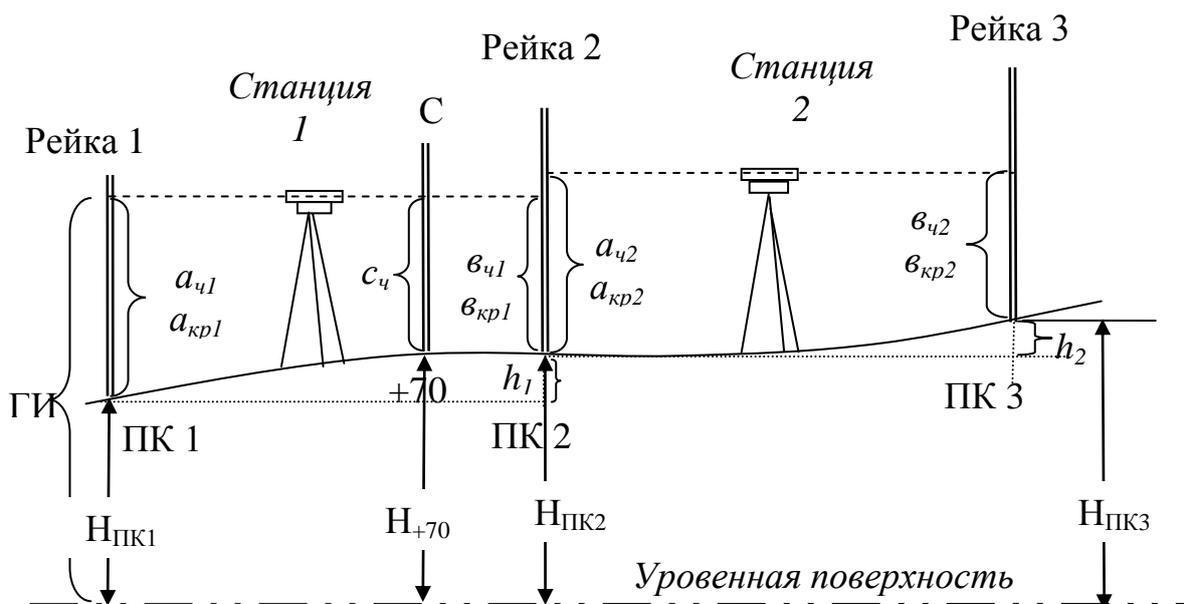


Рис. 7.3. Схема геометрического нивелирования

Превышения из отсчетов, снятых по черной и для контроля – по красной сторонам рейки вычисляются по следующим формулам:

$$h_{ч} = a_{ч} - b_{ч}; \quad h_{кр} = a_{кр} - b_{кр}. \quad (52, 53)$$

При разнице  $h_{ч} - h_{кр}$  не более 5 мм в качестве вероятного значения превышения берут среднее:

$$h_{ср} = \frac{h_{ч} + h_{кр}}{2}. \quad (54)$$

При большей величине  $h_{ч} - h_{кр}$  измерения повторяют, добиваясь допустимой погрешности.

*Пример 1.* Если  $a_{ч} = 2685$ ,  $b_{ч} = 1290$ ,  $a_{кр} = 7452$ ,  $b_{кр} = 6060$ ,

то  $h_{ч} = a_{ч} - b_{ч} = 2685 - 1290 = 1395$ ,  $h_{кр} = a_{кр} - b_{кр} = 7452 - 6060 = 1392$ .

$$h_{ср} = \frac{1395 + 1392}{2} = 1393,5.$$

При последовательном нивелировании линия  $AB$  разбивается на части, каждая из которых нивелируется с одной станции. Установив нивелир на станции  $I$ , берут отсчёты  $a_1$  и  $b_1$  по задней и передней рейкам и определяют превышение  $ПК2$  относительно  $ПК1$ . Затем заднюю рейку  $I$  из точки  $ПК1$  переносят на  $ПК2$ , нивелир устанавливают на станции  $II$  и, взяв отсчёты по рейкам  $a_2$  и  $b_2$ , находят превышение  $h_2$  и т.д.

При последовательном нивелировании образуется нивелирный ход, в котором точки  $ПК1, ПК2 \dots ПКn-1$ , являющиеся общими для

двух смежных станций (т.е. передними на предыдущей и задними на последующей станциях), называются связующими. Точки установки рейки, расположенные между связующими точками, называются промежуточными (например, точка *C* на рис. 40). Они служат обычно для получения характерных точек рельефа. Как видно из рис. 7.3, превышения между пикетными точками будут равны:

$$h_1 = a_1 - b_1; h_2 = a_2 - b_2; h_n = a_n - b_n. \quad (55)$$

Определив превышения между связующими точками можно последовательно вычислить их отметки:

$$H_{ПК2} = H_{ПК1} + h_1; H_{ПК3} = H_{ПК2} + h_2; H_{ПКn} = H_{ПКn-1} + h_n \quad (56)$$

Отметки промежуточных (плюсовых) точек вычисляют через горизонт инструмента после определения отметок связующих точек. Так, отметка промежуточной точки *C* на станции *I* будет

$$H_C = H_{ГИ} - c_c, \quad (57)$$

где  $ГИ = H_1 + a_1 = H_2 + b_1$ ,  $c$  – отсчёт по чёрной стороне рейки на промежуточной точке *C*.

При продольном нивелировании может возникнуть ситуация, когда луч визирования нивелира либо упирается в склон (рис. 7.4 – крутой склон возвышенности), либо не хватает высоты рейки. В этом случае расстояние между пикетами разбивают на два (и более) отрезка, каждый из которых нивелируют методом из середины.

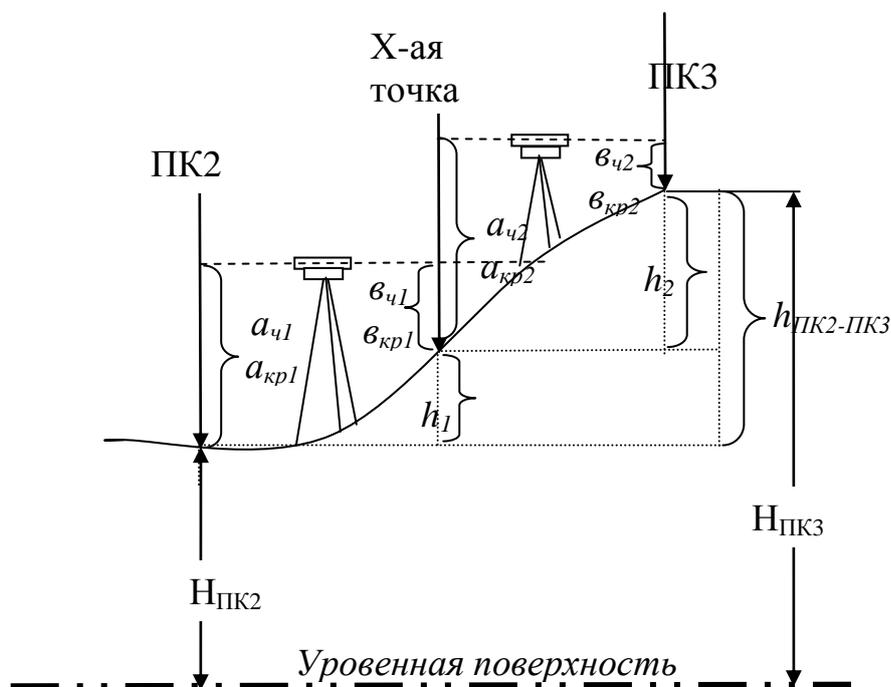


Рис.7.4. Схема нивелирования при возникновении иксовых точек

Тогда превышение между двумя пикетами  $h$  равно сумме превышений между предыдущим пикетом и  $X$ -й точкой и между  $X$ -й точкой и последующим пикетом:

$$h_{ПК2-ПК3} = h_{ПК2-X} + h_{X-ПК3} = h_1 + h_2.$$

### Порядок обработки журнала технического нивелирования

1. *Рассчитать* наблюденные превышения по формулам 52, 53. Результаты записать в соответствующие строки графы 6 таблицы 6.2.

2. *Рассчитать* средние превышения между пикетами (графа 7).

3. Если между пикетами имеются иксовые точки, то сначала нужно рассчитать наблюденные (по чёрной и красной сторонам рейки) и средние превышения между начальным пикетом и иксовой точкой, затем между иксовой точкой и конечным пикетом, и только затем – общее среднее превышение между пикетами (например, между ПК 1 и ПК2 в табл. 6).

4. *Рассчитать* сумму отсчетов по задней рейке ( $\Sigma_3$ ) (графа 3);

5. *Рассчитать* сумму отсчетов по передней рейке ( $\Sigma_n$ ) (графа 4);

6. *Найти* разницу двух сумм ( $\Sigma_3 - \Sigma_n$ ); полученное значение представляет удвоенное превышение по профилю;

7. Для контроля правильности расчетов *определить* сумму наблюденных превышений  $\Sigma_h$  (графа 6). Она должна быть равна разности сумм задних и передних отсчётов ( $\Sigma_3 - \Sigma_n$ );

8. Также для контроля правильности расчетов *определить* сумму средних наблюденных превышений  $\Sigma_{h_{cp}}$  (графа 7). Она должна быть равна половине суммы наблюденных превышений  $\Sigma_h$ ;

9. *Высотную погрешность* (невязку нивелировочного хода), допущенную в процессе нивелирования, *определяют* следующим образом:

$$fh_{расчѐтн.} = \sum h_{cp} - h_{трассыист.}, \quad (59)$$

где  $h_{трассыист.} = H_{конец} - H_{начало}$ ;  $H_{конец}$  – абсолютная отметка конца трассы ( $H_{А ПК4}$ );  $H_{начало}$  – абсолютная отметка начала трассы ( $H_{А ПК0}$ ).

10. Полученное значение *высотной невязки необходимо сравнить с допустимым значением*, рассчитываемым следующим образом:

$$fh_{доп.} = \pm 50 (мм) \sqrt{L(км)} = (мм), \quad (60)$$

где  $L$  – длина трассы в километрах (так как в рассматриваемом примере 4 пикета, расстояние между которыми 100 м, то общая длина трассы 400 м или 0,4 км).

11. При соблюдении условия

Таблица 6.2

## Журнал технического нивелирования (заполненный образец)

№№ станций	№№ пикетов и плюс. точек	Отсчеты по рейкам, мм			Превышения, мм			Горизонт инструмента, мм, (ГИ)	Отметки точек, м	
		задней (з)	передней (п)	промежут. (пр)	наблюден. (h)	средние (h <sub>ср.</sub> )	исправл. (h <sup>и</sup> )			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	ПК0	0542	2432		- 1890	+6	-1885,5	199,630	199,086	
	ПК1	5307	7200		- 1893	- 1891,5			197,200	
	+40			2355					197,275	
2	ПК1	2630	0526		2104	+6 (2106+ 1508) = 3614	3620,0			
	x	7400	5292		2108					
3	x	1926	0418		1508					
	ПК2	6695	5187		1508				200,820	
4	ПК2	1249	1357		- 108	+6	-103,5	202,071		
	ПК3	6013	6124		- 111	- 109,5			200,717	
	+55			0917					201,154	
5	ПК3	1874	0836		1038	+5,5	1043,0	202,593		
	ПК4	6640	5603		1037	1037,5			201,760	
	+28			1907					200,686	
		Σз=40276	Σп=34975		Σ=5301	Σ=2650,5	Σ=2674,0			
Σз-Σп=5301 мм; h <sub>трассы ист.</sub> =2674 мм; fh=2650,5-2674,0=-23,5 мм; Δfh =+6, +6, +6, +5,5										

$$fh_{\text{расчетн.}} \leq fh_{\text{доп}}$$

высотная невязка разбрасывается относительно равномерно с обратным знаком на все  $h_{\text{ср.}}$  (например, если  $fh_{\text{расчетн.}} = -23,5$  мм, то для  $h_{\text{ср.1}}$  поправка будет +6 мм, для  $h_{\text{ср.2}}$  +6 мм,  $h_{\text{ср.3}}$  +6 мм и для  $h_{\text{ср.4}}$  +6,5 мм). Значение поправки записывают красной пастой в графу 7.

Полученные значения исправленных превышений проставляются в графу 8.

12. Для контроля суммируют все исправленные превышения ( $\Sigma h^u$ ). Полученное значение должно равняться истинному превышению трассы  $h_{\text{трассы ист.}}$ .

13. Определить абсолютные отметки пикетных точек (абсолютные отметки начального –  $H_A \text{ ПК0}$  и конечного –  $H_A \text{ ПК4}$  пикетов трассы даны в задании):

$$\begin{aligned} H_A \text{ ПК1} &= H_A \text{ ПК0} \pm (h_{\text{нк0-нк1}}^u); \\ H_A \text{ ПК2} &= H_A \text{ ПК1} \pm (h_{\text{нк1-нк2}}^u); \text{ и т.д.} \end{aligned} \quad (61)$$

Результат заносят в графу 10 в строки, соответственно пикетам.

14. Для определения абсолютных отметок плюсовых точек необходимо для каждой станции определить горизонт инструмента  $H_{\text{ГИ}}$  – расстояние от уровня моря до оси визирования прибора (данная величина на каждой станции будет иметь разное значение).  $H_{\text{ГИ}}$  рассчитывается через задний и передний пикеты:

$$H_{\text{ГИ}} = H_A \text{ ПК0} + a_{\text{ч}}; H_{\text{ГИ}} = H_A \text{ ПК1} + b_{\text{ч}}. \quad (62)$$

Если разница этих значений не превышает  $\pm 5$  мм, то определяют среднее значение высоты горизонта инструмента.

15. Абсолютные отметки для плюсовых точек  $C$  рассчитывают по формуле 58.

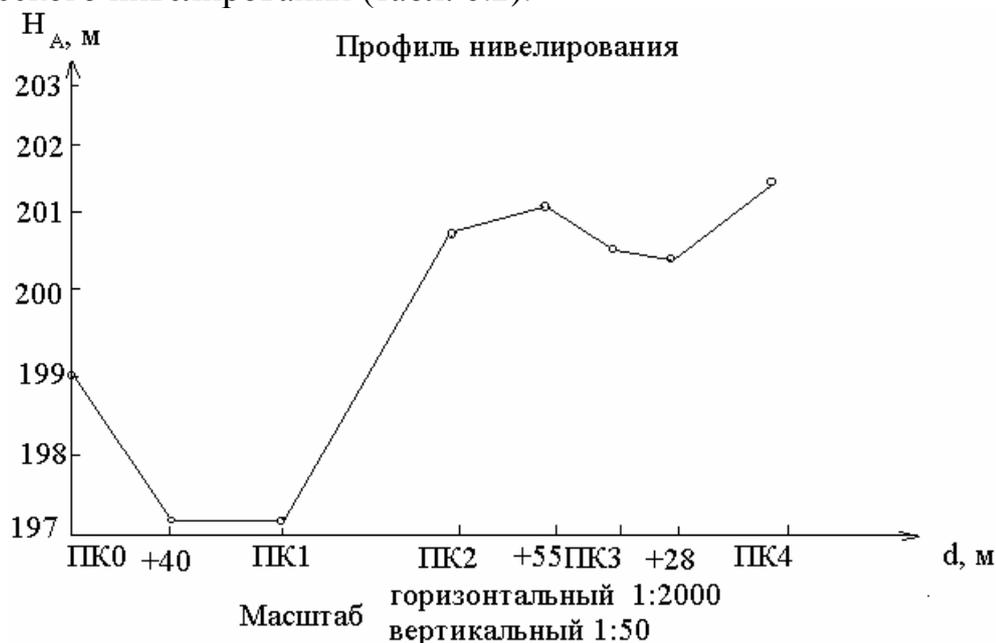
### 3. Построение профиля местности

Профиль технического нивелирования строят на миллиметровой бумаге в двух масштабах – горизонтальном и вертикальном, причём последний принято брать в 5–10 раз крупнее. Построение профиля начинают с проведения горизонтальной прямой – линии условного горизонта, равной длине трассы в выбранной горизонтальном масштабе (отступив от нижнего края миллиметровой бумаги на 50–60 мм). Высоту условного горизонта профиля выбирают меньше минимальной отметки на магистрали таким образом, чтобы линия профиля располагалась выше неё на 3–4 см (рис. 7.5).

В горизонтальном масштабе на линии условного горизонта откладывают расстояние между пикетами и плюсовыми (промежуточными) точками.

Ниже линии условного горизонта располагаются номера пикетов и плюсовых точек.

На рисунке 7.5 (масштаб рисунка уменьшен) приведён профиль нивелирования, построенный по результатам обработки журнала технического нивелирования (табл. 6.2).



*Рис. 7.5. Профиль нивелирования*

## 5. Задание

### ВАРИАНТ 1

1. Найти все части нивелира согласно рисунку 7.2. Разобраться в назначении и взаимодействии частей и винтов.
3. Обработать журнал технического нивелирования (табл. 6.3)
4. Построить профиль технического нивелирования (горизонтальный масштаб 1:2000, вертикальный – 1:200)

### ВАРИАНТ 2

1. Найти все части нивелира согласно рисунку 7.2. Разобраться в назначении и взаимодействии частей и винтов.
3. Обработать журнал технического нивелирования (табл. 6.4)
4. Построить профиль технического нивелирования (горизонтальный масштаб 1:2000, вертикальный – 1:200)

Таблица 6.3

## Журнал технического нивелирования (Вариант 1)

№ станции	№№ пикетов и плюс. точек	Отсчеты по рейкам, мм			Превышения, мм			Горизонт инструмента, мм, (ГИ)	Отметки точек, м
		задней (з)	передней (п)	промежут. (пр)	наблюден. (h)	средние (h <sub>ср.</sub> )	исправл. (h <sup>и</sup> )		
1	ПК0	2681	1290						179,644
	ПК1	7452	6060						
	+64			2370					
2	ПК1	0304	2706						
	ПК2	5070	7474						
	+25			0305					
	+75			0920					
	ПК2	1157	0903						
	ПК3	5926	5670						
	+30			2403					
4	ПК3	2346	0410						
	x	7115	5177						
									182,698
	x	2454	0560						
	ПК4	7225	5327						
		Σз=	Σп=		Σ=	Σ=	Σ=		
Σз-Σп=      мм; h <sub>трассы ист.</sub> =      мм; fh=      мм; Δfh =									

Таблица 6.4

## Журнал технического нивелирования (Вариант 2)

№ станции	№ пикетов и плюс. точек	Отсчеты по рейкам, мм			Превышения, мм			Горизонт инстру- мента, мм, (ГИ)	Отмет- ки точек, м
		задней (з)	передней (п)	промежут. (пр)	наблюден. (h)	средние (h <sub>ср.</sub> )	исправл. (h <sup>и</sup> )		
1	ПК0	2907	0140					216,213	
	ПК1	7672	4909						
	+56			0805					
2	ПК1	0166	2776						
	ПК2	4930	7474						
	+20			0216					
	+70			0820					
	ПК2	1197	0913						
	ПК3	5967	5678						
4	ПК3	0338	2276						
	x	5105	7043						
								212,93	
5	x	0490	2302						
	ПК4	5260	7068						
		Σз=	Σп=		Σ=	Σ=	Σ=		
Σз-Σп=    мм; h <sub>трассы ист.</sub> =    мм; fh=    мм; Δfh =									

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8

**Тема:** *Камеральная обработка результатов полевой тахеометрической съёмки и составление топографического плана.*

**Цель:** *Освоить обработку полевых материалов и составление плана тахеометрической съёмки*

### 1. Особенности тахеометрической съёмки

*Тахеометрическая съёмка* – основной вид съёмки для создания планов небольших незастроенных и малозастроенных участков, а также узких полос местности вдоль линий будущих дорог, трубопроводов и других коммуникаций. С появлением тахеометров-автоматов этот способ съёмки становится основным для значительных по площади территорий, особенно когда необходимо получить цифровую модель местности. При тахеометрической съёмке одновременно снимают ситуацию и рельеф, по результатам полевых измерений в камеральных условиях составляют план.

Тахеометрическую съёмку производят с исходных точек – пунктов любых опорных и съёмочных геодезических сетей. Съёмочная сеть может быть создана в виде теодолитно-нивелирных ходов, когда отметки точек хода определяют геометрическим нивелированием (нивелиром). В большинстве же случаев для съёмки прокладывают тахеометрические ходы, в которых все элементы хода (углы, длины линий, превышения) определяют одним прибором – теодолитом или тахеометром-автоматом. При этом *одновременно* с проложением тахеометрического хода производят съёмку. В этом главное отличие тахеометрической съёмки от других видов топографических съёмок.

При тахеометрической съёмке в поле измеряют следующие параметры:

- расстояние от станции до точки (отсчёт по дальномеру);
- горизонтальный угол – лимб ориентируют по одной из сторон хода, визируют на точку;
- угол наклона, визируют на точку.

Результаты измерений заносят в Журнал тахеометрической съёмки (*табл. 7.1*), одновременно составляя абрисы.

### 2. Порядок обработки журнала тахеометрической съёмки

- *Вычислить углы наклона на речные точки.*

Углы наклона на речные точки измеряют в прямом направлении при круге лево. Однако вычисляют вертикальные углы с учётом места нуля. Для этого на каждой станции перед началом тахеометрической

съёмки определяют любой вертикальный угол при двух положениях вертикального круга, затем вычисляют место нуля ВУК.

Таблица 8.1

Журнал тахеометрической съёмки

Номер точки наблюдения	Отсчёты			Угол наклона $\nu$	Горизонтальное проложение $h = d \cdot \operatorname{tg} \nu$	Превышение $h = h' + V - i, \text{ м}$	Высота реечной точки (пикета)	Примечание	
	по рейке, м	по горизонтальному кругу	по вертикальному кругу						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Станция III; $H = 186,40$ ; $i = 1,39$ ; $V = 3,0$ ; $M_0 = 0^\circ 02'$ ; Ориентировано на точку IV; КЛ									
III		00°00'							
1	65	03°48'	358°40'	-01°22'	65	-1,55	-3,16	183,24	Огород
2	73	02°38'	358°26'	01°36'	72,9	-2,04	-3,65	182,75	Тальвег
3	70	21°27'	358°26'	01°36'	70,0	-1,95	-3,56	182,84	Огород
4	76	18°14'	358°20'	01°40'	75,9	-2,25	-3,86	182,54	Грунтовая дорога
5	79	27°56'	358°18'	01°44'	78,9	-2,39	-4,00	182,40	Кустарник
6	62	39°32'	358°45'	01°17'	62,0	-1,39	-3,00	183,40	Огород
7	76	49°43'	358°27'	01°35'	75,9	-2,10	3,71	182,69	Грунтовая дорога
8	88	74°53'	357°56'	02°06'	87,9	-3,22	-4,83	181,57	Тальвег

Формулы расчёта  $M_0$  (№№18, 22) для различных теодолитов приведены в Лабораторной работе №5, где подробно рассмотрено вычисление также углов наклона.

Полученное значение записывают в первую строку журнала напротив номера станции и используют для вычисления вертикальных углов на все реечные точки, отснятые с этой станции.

- *Вычислить горизонтальные проложения –  $d$ .*

Вычисляют горизонтальное проложение от станции до всех реечных точек по формуле

$$d = D \cdot \cos^2 \nu, \quad (67)$$

где  $D$  – расстояние по нитяному дальномеру до реечной точки,  $\nu$  – угол наклона линии визирования со станции на реечную точку.

*Пример 1.* Станция III, визировали со станции III на речную точку 4:

$$d_{I-4} = 76 \cdot \cos^2 1^\circ 40' = 75,9 \text{ м}.$$

Значения горизонтальных проложений  $d$  записывают в журнал с округлением до десятых долей метра. Если угол наклона меньше  $2^\circ$ , то горизонтальное проложение принимают практически равным измеренному расстоянию.

- *Вычислить превышения на речные точки.*

Если при определении вертикальных углов визировали на высоту инструмента, то  $i=V$  и превышения речных точек относительно станции определяют по формуле

$$h' = h = d \cdot \operatorname{tg} v. \quad (68)$$

Вычисленные значения превышений записывают в соответствующую графу журнала с округлением до сотых долей метра.

*Пример 2.*  $h'_4 = d_{I-4} \cdot \operatorname{tg} v_{I-4} = 75,9 \cdot \operatorname{tg}(-1^\circ 40') = -2,25 \text{ м}.$

Если при определении вертикальных углов визировали не на высоту инструмента ( $i \neq V$ ), то превышения речных точек относительно станции вычисляют по формуле

$$h = h' + V - i. \quad (69)$$

где  $i$  — высота инструмента на станции;  $V$  — высота наведения средней нити на вертикально установленную на съёмочном пикете рейку.

*Пример 3.* Если  $i=1,39$ ,  $h'_{I-4} = -2,25 \text{ м}$ ,  $V = 3,0 \text{ м}$ , то

$$h_{I-4} = h'_{I-4} + V_{I-4} - i = -2,25 + 3,00 - 1,39 = -0,64 \text{ м}.$$

- *Вычислить отметки речных точек ( $H$ ) по формуле:*

$$H_{\text{речн. точки}} = H_{\text{станции}} + h_{\text{станция-речн. точка}}$$

*Пример 4.* Если  $H_I = 186,40 \text{ м}$ ;  $h_{I-4} = -0,64 \text{ м}$ ,

то  $H_4 = H_I + h_{I-4} = 186,40 - 0,64 = 185,76 \text{ м}.$

### 3. Составление плана тахеометрической съёмки

Составление плана тахеометрической съёмки начинают с нанесения на бумагу координат точек съёмочной сети.

Речные точки полярным способом наносят при помощи транспортира, масштабной линейки и измерителя. На плане строят горизонтальные углы (направления на точку) с помощью транспортира, совмещая его ноль с направлением, принятым на данной станции за начальное. На полученных таким образом направлениях на речные точки (контурные и высотные) откладывают расстояния от станции до соответствующей точки. Например, положение речной точки 4 на плане определится углом  $18^\circ 14'$ , откладываемым

транспортом от линии III-IV, и расстоянием 75,9 м, взятым по масштабной линейке и отложенным при помощи циркуля-измерителя. Рядом с наколом высотной точки ставят отметку, округленную до 0,1 м.

В соответствии с абрисом наносят на план ситуацию, скелетные линии рельефа. По отметкам высот проводят горизонталы (порядок построения горизонталей по отметкам точек изложен в Лабораторной работе № 2). Вычерченный в карандаше план оформляют тушью или гелевой ручкой, руководствуясь таблицами условных знаков.

#### 4. Задания

##### ВАРИАНТ 1

Построить план тахеометрической съёмки согласно журналу (табл. 8.2) и абрису (рис. 8.1)

Таблица 8.2

Журнал тахеометрической съёмки

Номер точки наблюдения	Отсчёты			Угол наклона $v$	Горизонтальное проложение	$h = d \cdot \operatorname{tg} v$	Превышение $h = h' + V - i, \text{ м}$	Высота реечной точки (пикета)	Примечание
	по рейке, м	по горизонтальному кругу	по вертикальному кругу						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Станция II; Н = 155,35; $i = 1,49$ ; V = 3,0; М0 = 359°58'; КЛ									
II		00°00'							
1	20	92°30'	0°01'						
2	26	17°00'	5°18'						
3	48	9°40'	6°06'						
4	44	71°35'	1°46'						
5	53	88°30'	3°20'						
6	120	108°42'	3°31'						
7	84	113°21'	3°28'						
8	126	97°30'	3°54'						
9	93	96°42'	3°37'						
10	84	76°30'	2°42'						
11	136	78°40'	2°00'						
12	76	66°04'	2°22'						

Номер точки наблюдения	Отсчёты			Угол наклона $v$	Горизонтальное проложение	$h = d \cdot \operatorname{tg} v$	Превышение $h = h' + V - i$ , м	Высота реечной точки (пикета)	Примечание
	по рейке, м	по горизонтальному кругу	по вертикальному кругу						
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
13	68	42°07'	5°30'						
14	104	49°06'	2°58'						
15	102	53°09'	2°03'						
16	134	67°03'	2°32'						
17	142	53°38'	2°59'						
18	76	20°32'	6°32'						
19	108	39°42'	5°28'						
20	144	39°48'	3°50'						
21	93	12°42'	4°54'						
22	128	26°32'	3°45'						
23	142	28°03'	3°04'						
24	129	10°48'	2°27'						

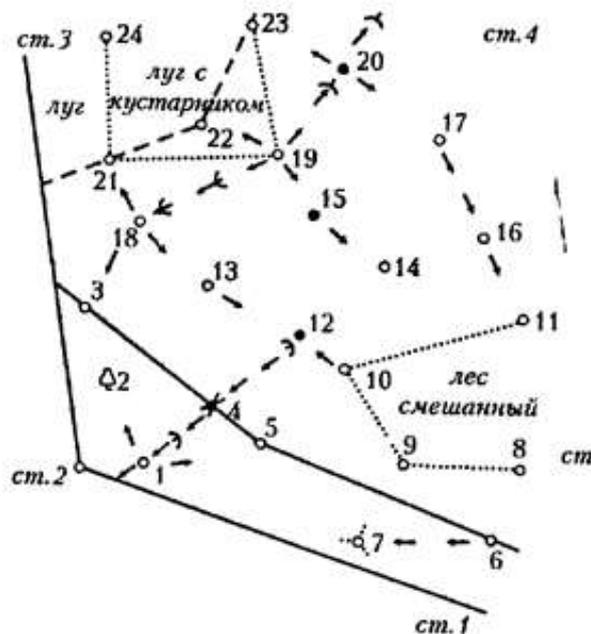


Рис. 8.1. Абрис тахеометрической съёмки для Варианта 1

### ВАРИАНТ 2

Построить план тахеометрической съёмки согласно журналу (табл.8.3) и абрису (рис. 8.2).

Таблица 8.3

Номер точки наблюдения	Отсчёты			Угол наклона $v$	Горизонтальное положение	$h = d \cdot \text{tg } v$	Превышение $h = h' + V - i, \text{ м}$	Высота реечной точки (пикета)	Примечание
	по рейке, м	по горизонтальному кругу	по вертикальному кругу						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Станция III; $H = 155,35$ ; $i = 1,49$ ; $V = 3,0$ ; $M_0 = 359^{\circ}59'$ ; КЛ									
III		00°00'							
1	39	114°08'	2°37'						
2	104	71°48'	0°55'						
3	142	60°27'	1°38'						
4	127	57°08'	1°20'						
5	116	46°08'	2°16'						
6	137	40°30'	2°33'						
7	102	49°05'	2°23'						
8	84	54°02'	3°21'						
9	51	72°40'	3°43'						

Номер точки наблюдения	Отсчёты			Угол наклона $v$	Горизонтальное проложение	$h' = d \cdot \operatorname{tg} v$	Превышение $h = h' + V - i, \text{ м}$	Высота реечной точки (пикета)	Примечание
	по рейке, м	по горизонтальному кругу	по вертикальному кругу						
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
10	25	49°09'	4°292'						
11	49	21°310'	358°51'						
12	96	33°47'	1°012'						
13	118	30°06'	2°03'						
14	70	4°32'	0°35'						
15	76	118°45'	1°41'						
16	120	57°41'	2°42'						
17	119	89°20'	3°17'						
18	124	79°30'	4°29'						
19	75	101°40'	1°35'						
20	100	106°30'	0°37'						
21	120	126°40'	358°44'						
22	77	122°30'	0°33'						
23	109	28°03'	358°33'						

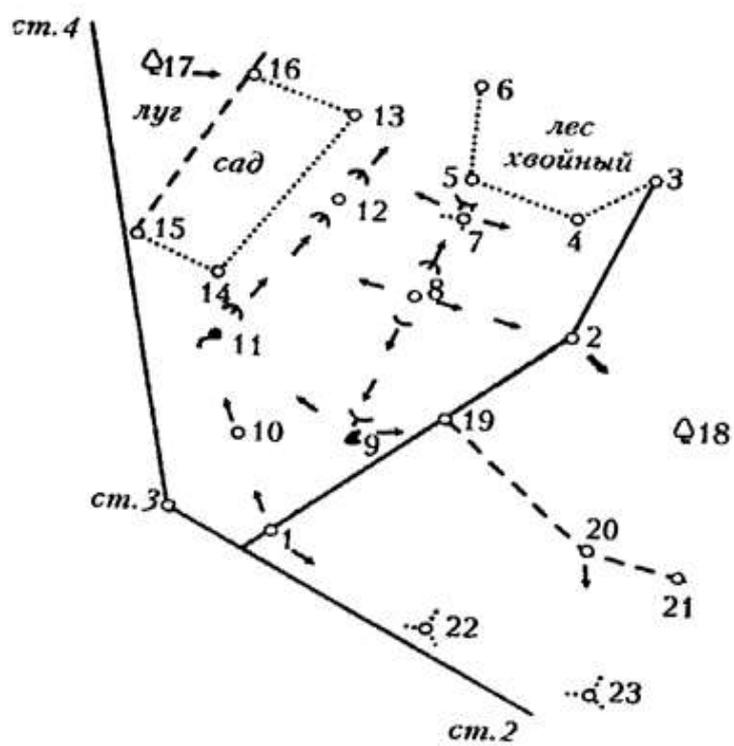


Рис. 8.3.. Абрис тахеометрической съёмки для Варианта 2

## Список литературы

### Основная:

1. Парамонов А.Г. и др. Основы топографии и аэрофотосъемки. Учебное пособие для ВУЗов. М.: Недра, 1991 г.
2. Найдин И.Н., Найдина К.В. Руководство к практическим занятиям по геодезии. М.: Недра, 1991.
3. Киселев М.И., Лукьянов В.Ф. Лабораторный практикум по геодезии. М., Недра, 1987 г.
4. Лабораторные расчетно-графические работы по геодезии, ч. II Гришичева Н.В., Черноглазов Н.В., Владимирова Г.А., Парамонов А.Г. МИНГ, 1990 г., 56 с.
5. Бокачев Н.Г., Смирнов Н. Н., Чеснокова Г. К. Практикум по топографии: Учебное пособие / Под ред. В.И. Федотова. – 2-е изд., перераб. И доп. – Смоленск: Изд-во «Универсум», 2001. – 216 с.
6. Поклад Г. Г. Геодезия: учебник для ВУЗов. – М.: Недра, 1988. – 304 с.
7. Куштин И.Ф., Куштин В.И. Инженерная геодезия. – Ростов-на Дону: Феникс, 2002. – 425 с.

### Дополнительная:

1. Справочник по геодезии т.1 и т.2. Под ред. Большакова В.Д. М., Недра, 1985г.
2. Справочник по геодезии для строителей Сироткин М.П., Сытник В.С. М., Недра, 1987 г.
3. Левчук Г.П., Новак В.Е., Конусов В.Г. Прикладная геодезия. Основные принципы и методы инженерно-геодезических работ. М., “Недра”, 1984г.
4. Условные знаки для топографических планов. М., Недра, 1973 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

1	ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1. Топографические карты и планы. Масштабы. Условные знаки. Линейные измерения на топографических картах и планах	3
2	ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2. Рельеф, его изображение на картах и планах. Чтение рельефа. Решение задач по картам и планам с горизонталями. Построение профиля местности по топографической карте	15
3	ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3. Определение географических и прямоугольных координат по карте или плану	29
4	ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4. Углы ориентирования в географической системе координат и плоской прямоугольной системе координат Гаусса-Крюгера	34
5	ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5. Устройство теодолитов. Взятие отсчётов по вертикальному и горизонтальному угломерным кругам. Порядок работы с теодолитом на местности при съёмках	41
6	ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6. Камеральная обработка результатов теодолитной съёмки и вычерчивание ситуационного плана	50
7	ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7. Устройство нивелиров. Обработка результатов нивелирования линейного объекта. Построение профиля геометрического нивелирования	63
8	ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8. Камеральная обработка результатов полевой тахеометрической съёмки и составление топографического плана	73

## **ГЕОДЕЗИЯ И ТОПОГРАФИЯ**

Составители:

В.М. Передерин, Н.А. Антропова, Н.В. Чухарева, А.В. Шадрина

Методические указания по выполнению лабораторных работ для  
студентов очного обучения направления 130500 «Нефтегазовое дело»

Институт геологии и нефтегазового дела

Подписано к печати

Формат 60x84/16. Бумага офсетная.

Печать RISO/Усл.печ.л. Уч.-изд.л.

Тираж 50 экз. Заказ . Цена свободная.

Издательство ТПУ. 634050, Томск, пр. Ленина, 30