

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Пермский государственный аграрно-технологический университет
имени академика Д.Н.Прянишникова»

О.Г. Брыжко, Т.Е. Плотникова

ГЕОДЕЗИЯ

Часть 1

Методические указания для выполнения лабораторных работ

Пермь
ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ
2023

УДК 528.2/.5
ББК 26.11с5+26.110

Рецензенты:

А.А. Пшеничников, кандидат экономических наук, доцент кафедры геодезии и картографии (ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ);

Т.В. Стефанцова, кандидат экономических наук, доцент кафедры землеустройства (ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ).

Брыжко, О.Г., Плотникова, Т.Е.

Геодезия: методические указания / О.Г. Брыжко, Т.Е.Плотникова; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д.Н.Прянишникова». – Пермь: 2023. – 64 с.: ил.

В методических указаниях представлены варианты заданий для выполнения лабораторных работ, изложена последовательность действий при выполнении лабораторных работ по разделам 1 и 2 дисциплины Геодезия.

Методические указания предназначены для обучающихся направления подготовки 21.03.02 Землеустройство и кадастры.

УДК 528.2/.5
ББК 26.11с5+26.110

Методические указания рекомендованы к изданию методической комиссией факультета землеустройства, кадастра и строительных технологий ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ, протокол № 1 от 22 сентября 2022 г.

ISBN

© ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ, 2023
© Брыжко О.Г., 2023

Содержание

Введение	4
Раздел 1. Основы геодезии.....	5
Лабораторная работа №1 Решение прямой и обратной геодезических задач..	5
Лабораторная работа №2 Масштаб.....	6
Лабораторная работа №3 Определение номенклатуры карты заданного масштаба.....	12
Лабораторная работа №4 Определение координат точек по карте	19
Лабораторная работа №5 Определение ориентирных углов по карте	22
Лабораторная работа №6 Решение задач по карте (плану) с горизонталями...	28
Раздел 2. Геодезические измерения.....	32
Лабораторная работа №7 Угловые измерения.....	49
Лабораторная работа №8 Линейные измерения.....	57
Заключение	63
Список рекомендованных источников	64

ВВЕДЕНИЕ

Геодезия является одной из отраслей, выступающей в роли государство образующего фактора, имеющего политическое, экономическое, военное, демографическое, этнографическое и историческое значение. Геодезические материалы и данные являются одной из важнейших и необходимых геопространственных основ при принятии решений в государственном управлении, развитии инфраструктуры страны, в обеспечении обороны и безопасности государства, в сфере навигационных услуг и других сферах человеческой деятельности, где необходима достоверная информация о местности.

Целью методических указаний является формирование у обучающихся навыков решения различных геодезических задач, умение составления планов и профилей.

Методические указания содержат сведения об устройстве и основных приемах работы с оптическими теодолитами, нивелирами при выполнении геодезических и землеустроительных работ.

Настоящие методические указания составлены в соответствии с рабочей программой дисциплины геодезия, изучаемой обучающимися по направления подготовки 21.03.02 – Землеустройство и кадастры. Предназначены для выполнения лабораторных работ студентами очной и заочной форм обучения.

Раздел 1 Основы геодезии

Лабораторная работа №1 Решение прямой и обратной геодезических задач

Цель: Формирование навыков решения прямой и обратной геодезических задач.

Вычислить координаты x и y отметки точки A .

Известны координаты и отметки пунктов I и II опорной сети, угол β_{II} , горизонтальное проложение L_{II-A} .

Расчеты рекомендуется выполнять в следующем порядке

1. По координатам пунктов I и II , решая обратную геодезическую задачу, вычислить дирекционный угол α_{I-II} ;
2. По заданному углу β_{II} и вычисленному дирекционному углу α_{I-II} вычислить дирекционный угол α_{II-A} ;
3. Вычислить координаты точки A решая прямую геодезическую задачу;

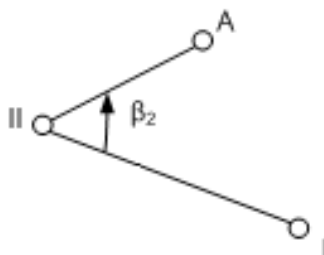


Рисунок 1 – Схема расположения координат точки A

Таблица 1 – Варианты исходных данных

№ варианта	Координаты пунктов (м)				β_{II}	L_{II-A} (м)
	I		II			
	X	Y	X	Y		
1	158,16	164,26	188,24	53,29	38°16'30"	38,24
2	160,39	161,18	193,15	55,87	37°15'00"	39,16
3	161,87	159,21	190,83	59,16	41°11'00"	40,12
4	163,24	167,44	192,76	61,32	43°12'00"	40,19
5	169,76	169,25	184,15	73,18	54°16'30"	42,36
6	170,39	172,12	151,25	84,25	58°12'30"	43,15
7	172,84	179,26	154,39	94,15	56°10'00"	44,16
8	175,68	183,16	198,12	58,26	39°15'30"	48,26
9	176,23	184,29	197,26	61,15	38°10'30"	36,15
10	178,85	187,86	190,19	63,27	43°19'00"	35,39

11	183,12	184,76	154,13	64,72	44°23'30"	32,84
12	185,29	159,12	161,28	65,29	47°34'00"	41,16
13	186,87	193,84	163,15	69,15	48°21'30"	42,23
14	189,16	195,16	174,15	70,73	49°16'30"	44,86
15	192,39	156,83	156,29	71,68	51°45'00"	45,12

Лабораторная работа №2 Масштаб

1. Дан численный масштаб 1:5000 или $\frac{1}{5000}$. Перевести данный масштаб в линейный.

Решение: Для перевода численного масштаба в линейный необходимо знаменатель численного масштаба, который указывает число сантиметров на местности, соответствующий 1 см на плане, уменьшенного в 100 раз. Т.е. перевести сантиметры знаменателя численного масштаба в метры и записать в данном случае, что в 1 см плане или карты содержится на местности 50 м (1 см – 50 метров).

Задание - Перевести численные масштабы в линейные с основанием масштаба, равным 1 и 2 см.

Таблица 2 – Варианты исходных данных

№ варианта	Численный масштаб	№ варианта	Численный масштаб	№ варианта	Численный масштаб
<i>1</i>	1:10000	<i>6</i>	1:500	<i>11</i>	1:10000
<i>2</i>	1:50	<i>7</i>	1:2000	<i>12</i>	1:50
<i>3</i>	1:2500	<i>8</i>	1:50000	<i>13</i>	1:250
<i>4</i>	1:100	<i>9</i>	1:1000	<i>14</i>	1:100
<i>5</i>	1:20000	<i>10</i>	1:200	<i>15</i>	1:20000

2. Дан линейный масштаб в 1 см 50 м. Требуется данный масштаб перевести в численный.

Решение: Для решения задачи нужно метры перевести в сантиметры и ответ записать в виде правильной дроби с числителем, равным 1, т.е. 1:5000 или

$$\frac{1}{50 \text{ м} * 100} = \frac{1}{5000}$$

Задание – Перевести линейный масштаб в численный

Таблица 3 – Варианты исходных данных

№ варианта	Линейный масштаб	№ варианта	Линейный масштаб
1	В 1 см – 10м	9	В 2 см – 2м
2	В 1 см – 20м	10	В 2 см – 1м
3	В 1 см – 250м	11	В 2 см – 50м
4	В 1 см – 5м	12	В 2 см – 100м
5	В 1 см – 25м	13	В 1 см – 10м
6	В 2 см – 200м	14	В 1 см – 20м
7	В 2 см – 10м	15	В 1 см – 100м
8	В 2 см – 20м	16	В 2 см – 400м

3. Определить длину линии на местности L , если её длина на плане $l=2,5$ см, а масштаб плана 1:1000.

Решение: в масштабе 1:1000 1 см плана соответствует 10 метрам на местности, с учётом этого $L=10*2,5=25$ м.

Задание - Определить длину линии на местности по данным, приведённым ниже.

Таблица 4 – Варианты исходных данных

№ варианта	Длины линий на плане в см	Масштаб плана	№ варианта	Длины линий на плане в см	Масштаб плана
1	0,8	1:200	9	9,15	В 1 см – 20м
2	12,5	1:5000	10	11,2	В 1 см – 10м
3	3,7	1:2000	11	12,5	В 1 см – 2м
4	3,5	1:1000	12	0,8	1:200
5	3,75	1:100	13	12,5	1:5000
6	3,45	В 1 см – 1м	14	3,7	1:2000
7	7,8	В 1 см – 50м	15	3,5	1:1000
8	7,35	В 1 см – 10м	16	6,8	В 1 см – 2м

4. Определить, какой длина будет на плане, составленном в масштабе 1:500, линия, длина которой на местности $L=30$ м.

Решение: Переведём численный масштаб в линейный и получим, что в 1 см – 5м. Тогда $l=30:5=6$ см

Задание – определить длину линии на плане по данным, приведённым в таблице.

Таблица 5 – Варианты исходных данных

№ варианта	L, в м	Масштаб плана	№ варианта	L, в м	Масштаб плана
1	9,15	1:50	9	0,75	1:10
2	6,15	1:100	10	18,7	1:2000
3	116,2	1:2000	11	9,15	1:50
4	16,2	1:1000	12	6,15	1:100
5	198,9	1:5000	13	116,2	1:2000
6	69,9	1:1000	14	16,2	1:1000

7	1,77	1:50	15	198,9	1:5000
8	1,33	1:20	16	69,9	1:1000

5. Дан численный масштаб 1:1000.

Определить его точность.

Решение: принято считать 0,1 мм наименьшим расстоянием на бумаге, различаемое глазом. Расстояние на местности соответствующее в данном масштабе 0,1 мм на плане, называют точностью масштаба.

В нашем случае в 1 см содержится 10 м, следовательно, в 0,1 мм содержится 0,1 м, что и будет точностью данного масштаба.

Задание – определить точность масштаба приводимых по вариантам.

Таблица 6 – Варианты исходных данных

№ варианта	Масштаб	№ варианта	Масштаб
1	1:100	9	1:500
2	1:5	10	1:100
3	1:200	11	1:5
4	1:20	12	1:200
5	1:10000	13	1:20
6	1:5000	14	1:10000
7	1:2000	15	1:5000
8	1:50	16	1:2000

6. С помощью линейки поперечного масштаба построить прямоугольную систему координат и нанести точки полигона по заданным координатам в масштабе 1:1000.

Определить длины сторон полученного полигона и подписать их на плане.

Таблица 7 – Варианты исходных данных

№ варианта	X, Y	Точка 1	Точка 2	Точка 3	Точка 4
1	X	43,67	68,35	49,86	16,91
	Y	13,42	25,34	84,16	43,33
2	X	47,64	114,12	61,42	12,61
	Y	21,16	15,43	110,08	78,34
3	X	36,18	54,31	16,18	-26,45
	Y	22,16	64,38	105,67	60,13
4	X	44,51	63,33	67,84	13,66
	Y	19,88	67,84	86,33	82,16

5	X	-35,26	41,56	51,26	-8,64
	Y	44,26	24,87	46,39	52,38
6	X	23,35	84,66	62,32	34,66
	Y	21,56	46,38	52,24	63,37
7	X	13,42	25,34	84,16	43,33
	Y	47,64	114,12	61,42	12,61
8	X	21,16	15,43	110,08	78,34
	Y	36,18	54,31	16,18	-26,45
9	X	22,16	64,38	105,67	60,13
	Y	44,51	63,33	67,84	13,66
10	X	19,88	67,84	86,33	82,16
	Y	-35,26	41,56	51,26	-8,64
11	X	76,36	5,62	-45,61	16,33
	Y	57,33	92,34	45,38	15,27
12	X	44,26	24,87	46,39	52,38
	Y	23,35	84,66	62,32	34,66
13	X	21,56	46,38	52,24	63,37
	Y	13,42	25,34	84,16	43,33
14	X	34,34	101,12	74,42	25,63
	Y	36,16	27,43	79,68	69,34
15	X	76,18	51,31	31,18	-18,25
	Y	16,16	43,33	67,67	48,13
16	X	87,36	16,62	84,46	21,33
	Y	68,33	103,34	56,38	44,21

*Для выполнения задания необходимы: линейка, прямоугольный треугольник, циркуль-измеритель. Работа выполняется карандашом на листе чертежной бумаги формата А5 (210*148 мм).*

*Отступить от нижнего края листа 3 см, прочертить по линейке горизонтальную линию, на которой с помощью прямоугольного треугольника построить перпендикуляры длиной 2 см, крайние перпендикуляры разделить на 10 равных частей (по 2 мм) и провести линии, параллельные основанию. Крайнее основание слева разделить сверху и внизу на 10 равных частей с помощью параллельных линий. Для этого из правой точки основания **О** (рисунок14) провести наклонную **OD**, на которой отложить измерителем 10 одинаковых отрезков произвольной величины. Точку **D** этой линии соединить с точкой **E**, затем пользуясь линейкой и угольником, через каждую точку линии **OD** провести линии, параллельные **ED**, до пересечения их с основанием. Эти линии разделяют основание на 10 одинаковых отрезков по 0,2 см (малые деления). Верхние и нижние малые деления соединены наклонными линиями –*

трансверсалими. Отрезок на первой горизонтальной линии между вертикалью и ближайшей трансверсалью равен 0,02 см (наименьшее деление). Половина наименьшего деления 0,01 см.

Расстояние на местности, соответствующее 0,01 см на плане (половина наименьшего деления поперечного масштаба) называется точностью данного масштаба.

Рассмотрим пример работы с поперечным масштабом. Допустим, что необходимо отложить в масштабе 1:5 000 расстояние равное 465,57 м.

Рассчитаем элементы масштаба:

- 1 см на плане соответствует 50 метрам на местности.
- Основание масштаба 2 см – 100 м,
- малое деление 0,2 см – 10 м,
- наименьшее деление 0,02 см – 1 м,
- точность масштаба 0,1 мм – 0,5 м.

Следовательно, при откладывании расстояний в масштабе 1:5000 все размеры можно округлить до 0,5 м.

Откладываем измерителем четыре основания масштаба (400 м), затем левую иглу измерителя перемещаем влево на шесть малых делений (60 м) и перемещаем измеритель вверх на 5,5 делений (5,5 м), при этом левая игла должна перемещаться по трансверсали, а правая по вертикали. Обе иглы должны всегда быть на одном уровне.

$$400 \text{ м} + 60 \text{ м} + 5,5 \text{ м} = 465,5 \text{ м}$$

Рассмотрим еще один пример. Допустим, что нужно построить в масштабе 1:2000 линию длиной 96,87 м.

Рассчитаем элементы масштаба:

- 1 см на плане соответствует 20 метрам на местности.
- Основание масштаба 2 см соответствует 40 м,
- малое деление - 0,2 см соответствует 4 м,
- наименьшее деление 0,02 см соответствует 0,4 м,
- точность масштаба 0,01 см – 0,2 м.

Откладываем измерителем два основания масштаба:

(40 м * 2 = 80 м), остается 16,8 м, левую иглу измерителя перемещаем влево на четыре малых деления (4 м * 4 = 16 м), при этом левая игла должна перемещаться по трансверсали, а правая по вертикали. Следует помнить, что обе иглы должны всегда быть на одном уровне.

$$80 \text{ м} + 16 \text{ м} + 0,8 \text{ м} = 96,8 \text{ м}$$

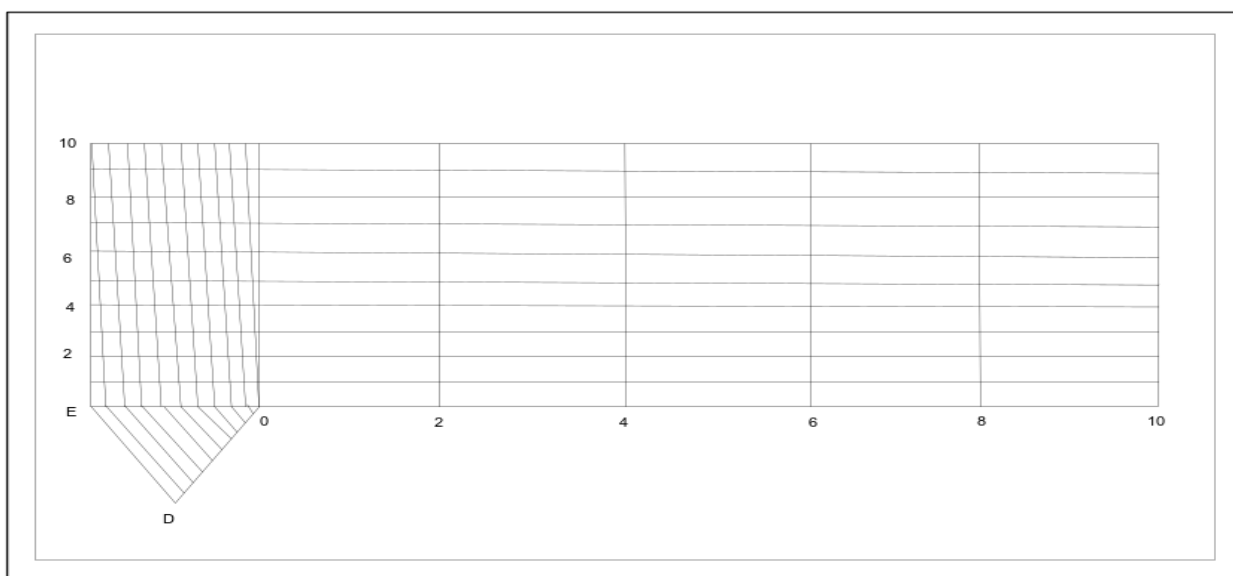


Рисунок 2 – Линейка поперечного масштаба

Лабораторная работа №3 Определение номенклатуры карты заданного масштаба

Цель: Научиться выполнять разграфку и определить номенклатуру отдельных листов карт.

Для изображения общих территорий земной поверхности в достаточно крупном масштабе используется большое количество карт. Чтобы увязать их, между собой, создана специальная система учета отдельных листов карт различных масштабов. Эта система включает в себя разграфку и номенклатуру.

Разграфка – деление листов карт мелкого масштаба на листы карт более крупного масштаба.

Номенклатура – система обозначения отдельных листов карт.

Номенклатура карт зависит от масштаба карты.

Задание: Определить номенклатуру листа топографической карты масштаба 1:10000.

Географические координаты углов рамки и номенклатуры смежных листов по заданным географическим координатам точки ϕ (широта) и λ (долгота).

Географические координаты задаются каждому студенту преподавателем. Все расчеты сопровождаются соответствующими графическими построениями.

В основу номенклатуры карт различных масштабов положен лист карты масштаба 1:1000000.

Порядок выполнения работы рассмотрим в следующем примере:

Дана точка М с географическими координатами:

$$\phi = 53^{\circ}08'10''$$

$$\lambda = 45^{\circ}13'23''$$

Требуется определить номенклатуру листа карты масштаба 1:10000, географические координаты рамки этого листа и номенклатуру смежных листов.

Номенклатура карты масштаба 1:10000 находится последовательным определением номенклатуры листов карт масштабов 1:1000 000; 1: 100 000; 1:50 000; 1:25 000; 1:10 000.

1. Определение номенклатуры листа карты масштаба 1:1000000

Номенклатура листа карты масштаба 1: 1000 000 складывается из обозначения пояса и колонны, в котором расположен данный лист.

Пояса ограничиваются параллелями через 4° от экватора к полюсу обозначаются буквами латинского алфавита.

Таблица 8 – Обозначение пояса

Номер пояса	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Обозначение пояса	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V

Колонны ограничиваются меридианами через 6° и счет их ведется от 180° меридиана к востоку от 1 до 60.

Номер пояса и номер колонны определяется из формул:

№ пояса = $(\phi / 4^\circ) + 1$ (за остаток)

№ колонны = $(\lambda / 6^\circ) + 31$

При наличии схемы разграфки листов карты масштаба 1:1000000 (рисунок 3) номенклатура и координаты углов рамки берутся непосредственно с чертежа.

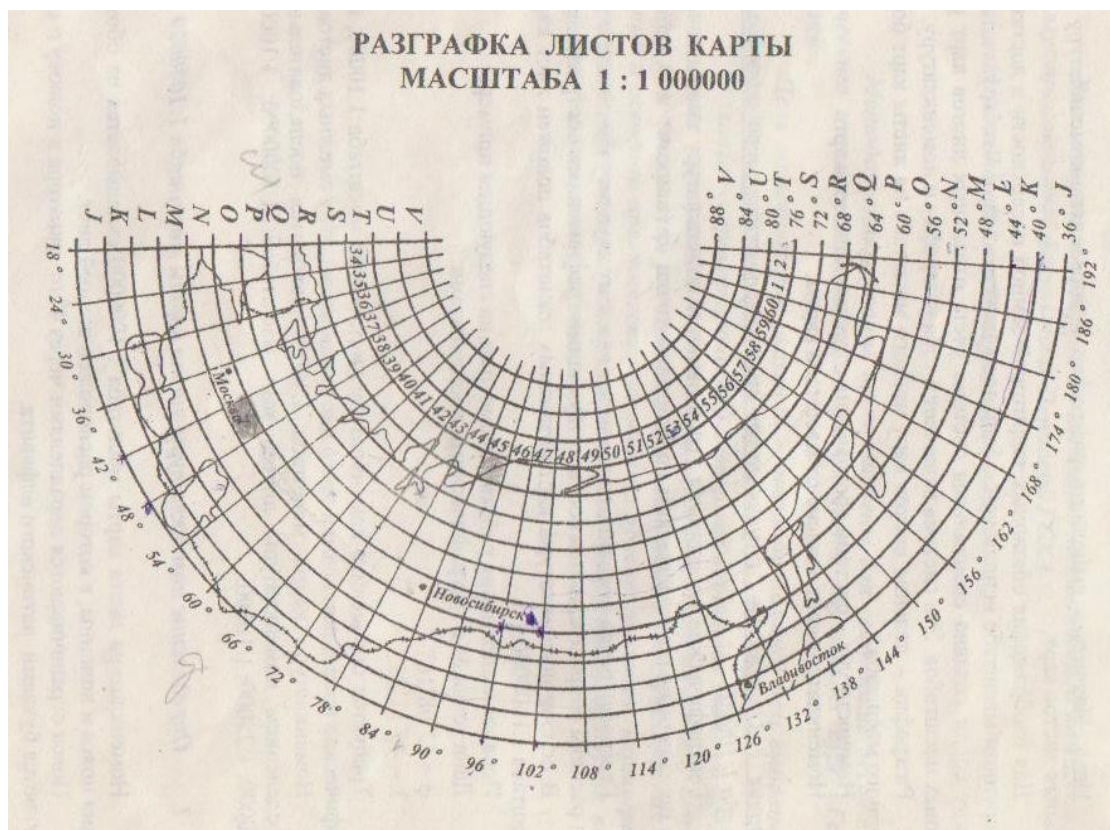


Рисунок 3 – Разграфка листов карты масштаба 1: 1000000

В нашем примере:

№ пояса $53^\circ 08' 10'' : 4^\circ = 13 + 1 = 14$ пояс, который обозначается буквой N;

№ колонны = $45^\circ 13' 23'' : 6^\circ = 7 + 31 = 38$ колонна.

Следовательно, номенклатура листа карты масштаба 1:1000000 будет N-38.

На листе миллиметровой бумаги вычертить квадрат, обозначающий лист карты масштаба 1:1000000, а сверху надписать номенклатуру этого листа.

Установить географические координаты углов рамки данного листа карты и выписать на чертеже.

Определить номенклатуру смежных листов и выписать ее на чертеже (рисунок 4).

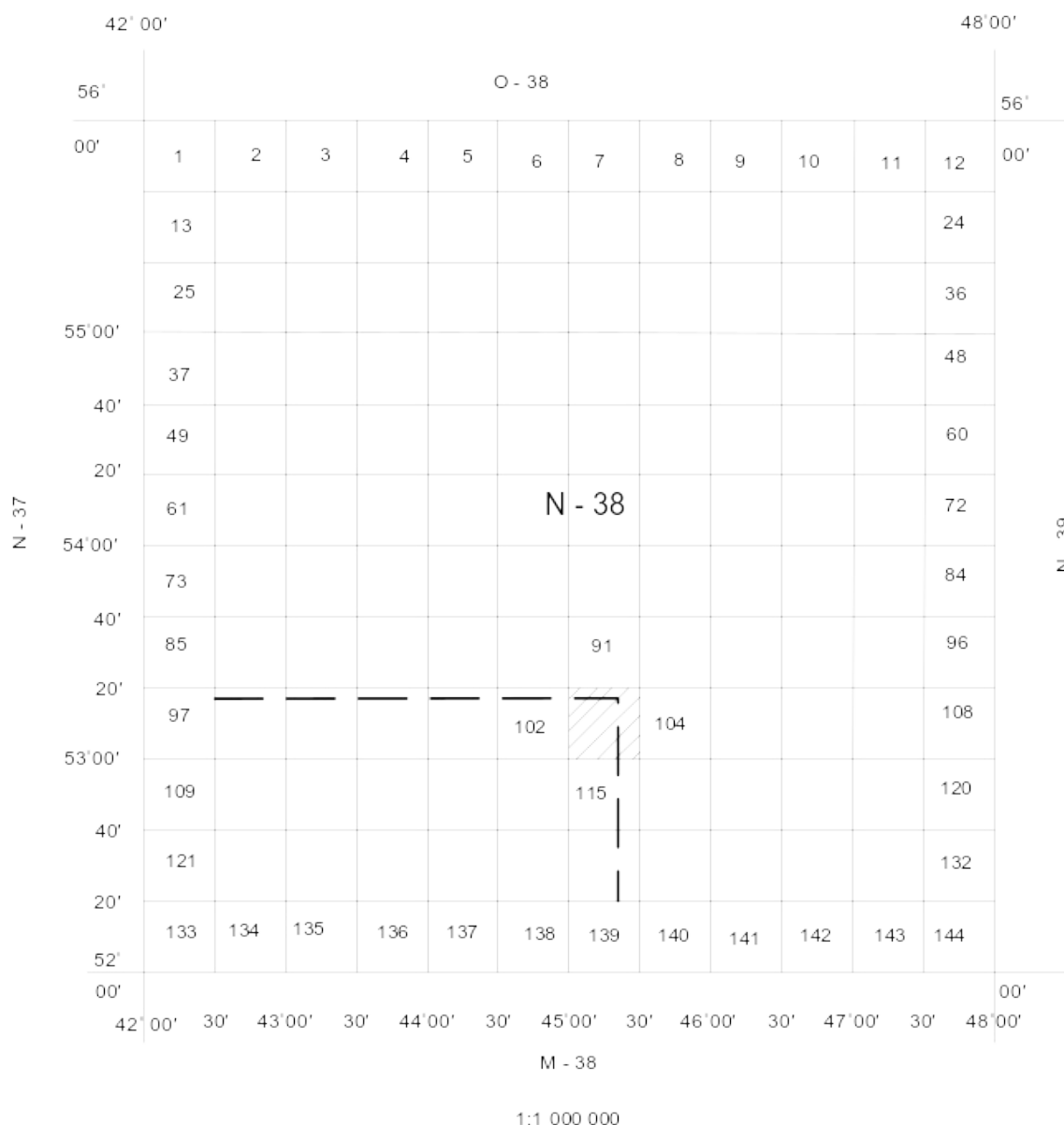


Рисунок 4 – Разграфка листа карты масштаба 1: 1000000

2. Определение номенклатуры листа карты масштаба 1:1000000

В каждом листе карты масштаба 1:1000000 содержится 144 листа карты масштаба 1:100000, расположение и нумерация которых показана на рисунке 3. Размеры листа карты масштаба 1:100000 в градусной мере равны 20' по широте и 30' по долготе.

По географическим координатам заданной точки определяется номер соответствующего листа.

Номенклатура листа карты масштаба 1:100000 состоит из номенклатуры листа карты масштаба 1:1000000 и соответствующего номера листа карты масштаба 1:100000.

Для нашего примера номенклатура листа карты масштаба 1:100000 будет N-38-103.

Вычертить лист карты масштаба 1:100000 в виде квадрата и выписать номенклатуру листа, а также географические координаты углов рамки и номенклатуру соседних листов карт масштаба 1:100000 (рисунок 5).

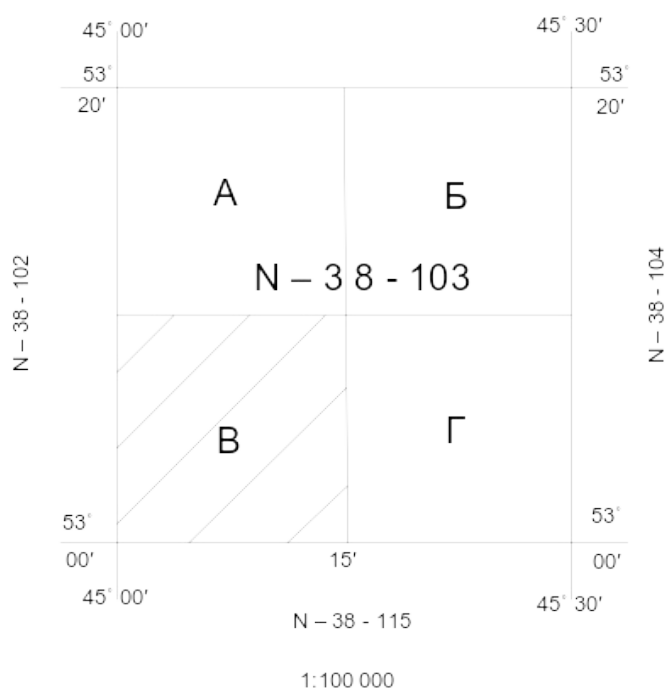


Рисунок 5 – Разграфка листа карты масштаба 1: 100000

3. Определение номенклатуры листа карты масштаба 1:50000

В каждом листе карты масштаба 1:100000 заключается четыре листа карты масштаба 1:50000, размеры которых в градусной мере 10' по широте и 15' по долготe. Обозначаются листы карты масштаба 1:50000 заглавными буквами русского алфавита А, Б, В, Г слева направо (рисунок 5).

Номенклатура листа карты масштаба 1:50000 состоит из номенклатуры листа карты масштаба 1:100000 и соответствующей буквы листа карты 1:50000.

В нашем примере точка М с заданными географическими координатами находится на листе под буквой В и, следовательно, номенклатура листа карты масштаба 1:50000 будет:

N-38-103-B

Лист карты масштаба 1:50000 оформить соответствующими чертежами (рисунок 6).

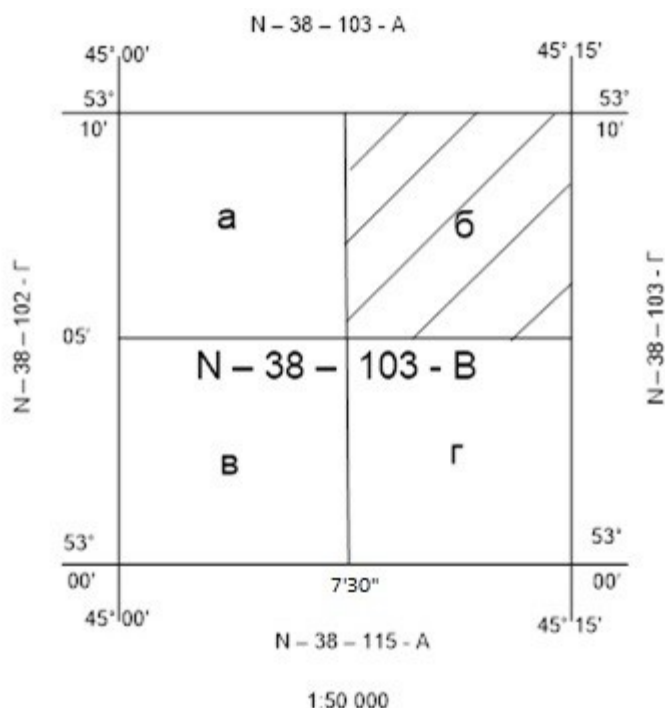


Рисунок 6 – Разграфка листа карты масштаба 1: 50000

4. Определение номенклатуры листа карты масштаба 1:25000

Лист карты масштаба 1:50000 содержит четыре листа карты масштаба 1:25000, размеры которых в градусной мере 5' по широте и 7'30" по долготe. Обозначаются листы карты масштаба 1:25000 строчными буквами русского алфавита, слева направо (рисунок 6).

Номенклатура листа карты масштаба 1:25000 состоит из номенклатуры листа карты масштаба 1:50000 с добавлением соответствующей буквы листа карты масштаба 1:25000.

В нашем примере номенклатура листа карты масштаба 1:25000 будет

N-38-103-B-б

Лист карты масштаба 1:50000 оформить соответствующими чертежами (рисунок 6).

5. Определение номенклатуры листа карты масштаба 1:10000

Лист карты масштаба 1:25000 содержит четыре листа карты масштаба 1:10000 с размерами в градусной мере 2'30" по широте и 3'45" по долготу. Обозначаются листы карты масштаба 1:10000 цифрами от 1 до 4 слева направо (рисунок 7).

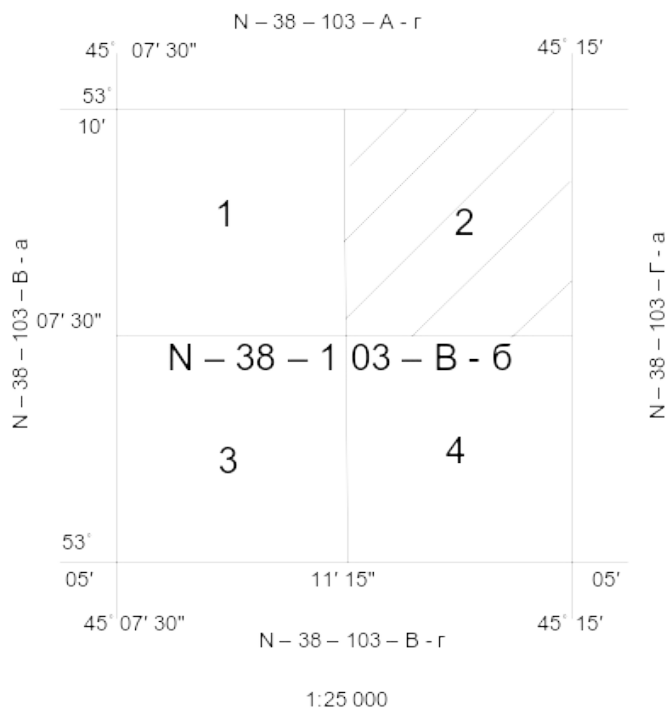


Рисунок 7 – Разграфка листа карты масштаба 1: 25000

Номенклатура листа карты масштаба 1:10000 складывается из номенклатуры листа карты масштаба 1:25000 с добавлением порядкового номера листа карты масштаба 1:10000.

В нашем примере номенклатура листа карты масштаба 1:10000, в котором находится заданная точка с координатами $\phi = 53^{\circ}08'10''$; $\lambda = 45^{\circ}13'23''$, будет

N-38-103-B-6-2

Лист карты масштаба 1:10000 оформить соответствующим чертежом, с показанием географических координат углов рамки листа и номенклатурой смежных листов (рисунок 8).

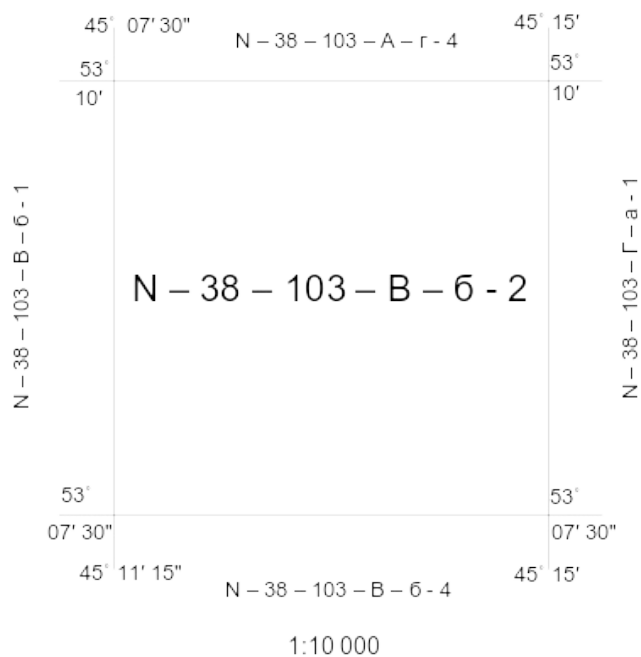


Рисунок 8 – Разграфка листа карты масштаба 1: 10000

В заключение работы составляется таблица номенклатуры карт. Все построения чертежей выполняются на миллиметровой бумаге.

Таблица 9 - Таблица номенклатурных карт

Масштаб	Размеры листов в угловой мере		Обозначение листа карты	Номенклатура
	$\Delta \phi$	$\Delta \lambda$		
1:1 000 000	4°	6°	---	N-38
1:100 000	20'	30'	1, 2, 3...144	N-38-103
1:50 000	10'	15'	А, Б, В, Г	N-38-103-В
1:25 000	5'	7'30"	а, б, в, г	N-38-103-В-б
1:10 000	2'30"	3'45"	1, 2, 3, 4	N-38-103-В-б-2

Варианты координат точек.

Вариант	Координаты точки		Вариант	Координаты точки	
	широта (северная)	долгота (восточная)		широта (северная)	долгота (восточная)
1	56°47'20"	61°36'22"	9	48°28'36"	134°17'42"
2	54°14'12"	28°43'14"	10	59°23'47"	55°47'17"
3	41°23'18"	47°47'41"	11	54°44'47"	101°23'47"
4	56°03'23"	91°34'13"	12	55°16'17"	72°23'47"
5	43°07'34"	128°54'21"	13	54°29'57"	53°17'34"

6	56°08'46"	41°22'44"	14	44°14'41"	71°18'23"
7	54°47'12"	33°07'32"	15	45°19'42"	70°44'57"
8	56°19'09"	43°52'31"	16	49°23'47"	69°47'34"

Лабораторная работа №4 Определение координат точек по карте

Цель: Формирование навыков определения геодезических и прямоугольных координат точек по карте.

Каждая топографическая карта ограничена 3 рамками: внутренняя, минутная и внешняя.

Внутренняя рамка состоит из дуг параллелей (северная и южная стороны) и дуг меридианов (восточная и западная). Минутная рамка вычерчена в две линии и разделена на отрезки, величина которых равна одной минуте дуги параллели или меридиана. Внешняя рамка вычерчена сплошной линией.

На картах и планах изображают рельеф и ситуацию. Для изображения ситуации служат масштабные, внемасштабные и пояснительные условные знаки.

Определение по карте прямоугольных и географических координат точек.

Чтобы быстро определить прямоугольные координаты точек карты и нанести точку на карту по их прямоугольным координатам, на карте имеется оцифрованная в километрах координатная сетка линий. Крайние линии подписаны полными значениями абсцисс и ординат, остальные линии подписаны двумя последними цифрами значений координат.

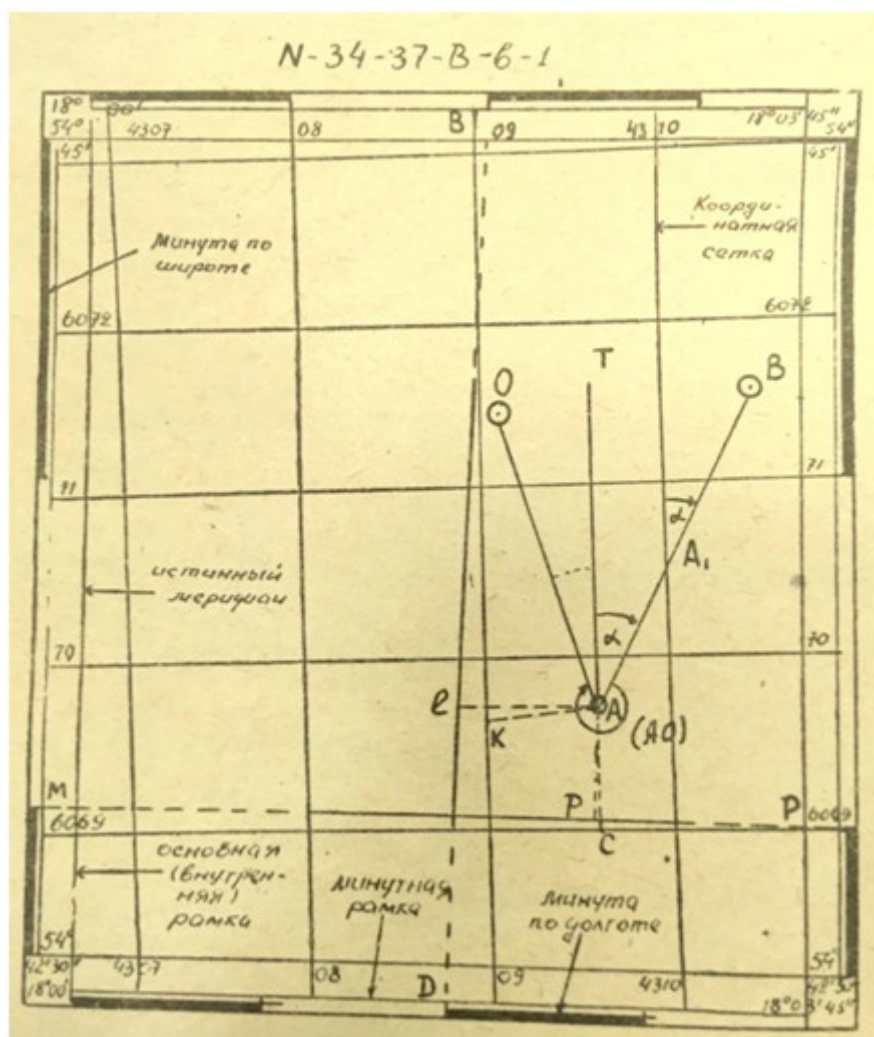


Рисунок 9 – Координатные сетки топокарты

В нашем случае (рисунок 9) нижняя линия сетки имеет значение 6069, это означает, что абсцисса точек данной линии одинакова, а линия отходит от экватора к северу на 6069 км. Левая вертикальная линия имеет надписи 4307; первая цифра означает номер зоны, а все точки данной линии имеют одинаковую ординату и удалены на восток от условного меридиана зоны на 307 км.

Чтобы определить прямоугольные координаты точки А из неё опускают перпендикуляры A_C и A_K на линии координатной сетки, затем определяют в масштабе карты величины этих перпендикуляров и прибавляют их к оцифровке юго-западного угла квадрата, в котором находится точка А.

Координаты точки А будут:

$$X_a = 6069 + 700_m = 6069700$$

$$Уа=4309+562м=4309562$$

Географическим азимутом (А) называют угол, измеренный по ходу часовой стрелки (от 0° до 360°) от северного направления географического меридиана, проходящего через заданную точку до данного направления.

Чтобы определить географические координаты точки А поступают следующим образом:

а) Выписывают значения широта и долготы юго-западного угла рамки листа карты:

$$\varphi = 54^{\circ} 42' 30''$$

$$\lambda = 18^{\circ} 00' 00'';$$

б) Прикладывают линейку к концу одноимённых минут минутной стрелки (для широты – линия МР, для долготы линия ВД), измерителем определяют длины перпендикуляров Ар (для широты) и АІ (для долготы), в мм

с) Определяют (в мм) длину одной минуты минутной рамки по широте и долготе: решают пропорцию, определяют длины перпендикуляров АІ и Ар в секундах. Например, одна минута по широте равна 108 мм; отрезок Ар=36 мм.

$$108 \text{ мм} - 60''$$

$$36 \text{ мм} - X$$

$$\text{Тогда } X = \frac{60'' * 36}{108} = 20''$$

д) К координатам юго-западного угла рамки прибавляют количество целых минут по линии МР (для широты) и ВД (для долготы) и значения отрезков Ар (для широты) и Дк (для долготы).

$$\varphi = 54^{\circ} 42' 30'' + 30'' + 20'' = 54^{\circ} 43' 20''$$

$$\lambda = 18^{\circ} 00' 00'' + 2' + 36'' = 18^{\circ} 02' 36''.$$

Лабораторная работа №5 Определение ориентирных углов по карте

Определение по карте дирекционных углов и вычисление азимутов и румбов.

Дирекционным углом α называют угол, измеренный по ходу часовой стрелки (от 0° до 360°) от северного направления осевого меридиана или вертикальной линии координатной сетки до данного направления.

Определение азимутов

Истинный азимут A по карте не измеряется, а вычисляется по формуле: $A = \alpha - \gamma$;

α - Дирекционный угол измеряют геодезическим транспортиром по карте
у- Сближение меридианов берется с карты

Например: $\alpha = 162^\circ 30'$ $\gamma = -2^\circ 36'$

$A = 162^\circ 30' - (-2^\circ 36') = 165^\circ 06'$

Магнитный азимут A_M вычисляют по формуле:

$A_M = \alpha - (\pm\delta) + (\pm\gamma)$; $A_M = A - (+\delta)$.

Определение румба

Отличие румбов от азимутов заключается в том, что они отсчитываются как от северного, так и от южного направления меридиана в обе стороны от 0 до 90 градусов. Чтобы направление линии было определено, величине румба приписывают название сторон света. СВ- 1 четверть, ЮВ – 2 четверть, ЮЗ – 3 четверть, СЗ – 4 четверть.

Полностью румбы записываются следующим образом СВ $27^\circ 36'$ (читается как северо-восток $27^\circ 36'$) и т.д.

Между румбами и азимутом несложно установить простую геометрическую связь, пользуясь которой по известным азимутам можно определить румбы и наоборот, по румбам вычислить азимут. Связь румбов и дирекционных углов представлена в таблице 10.

Таблица 10 – Связь румбов и дирекционных углов

Четверть	Название румба	Определение румбов по азимутам	Определение азимутов по румбам
1	СВ	$r = \alpha$	$\alpha = r$
2	ЮВ	$r = 180^\circ - \alpha$	$\alpha = 180^\circ - r$
3	ЮЗ	$r = \alpha - 180^\circ$	$\alpha = 180^\circ + r$
4	СЗ	$r = 360^\circ - \alpha$	$\alpha = 360^\circ - r$

Решение задач по теме:

1. Истинный азимут линии АВ=45°, определить обратный азимут линии АВ.

Решение: из рисунка 10 следует, что обратный азимут линии АВ будет равен 225°, т.е. обратный азимут от прямого отличается на 180°.

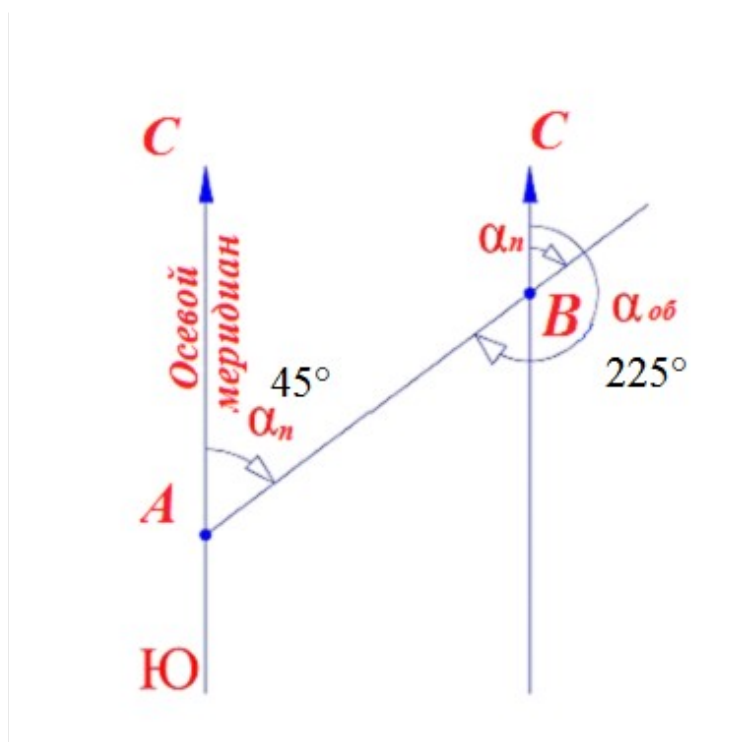


Рисунок 10 – схема изображения прямого и обратного азимутов

2. Обратный азимут линии АВ=220°, определить прямой азимут линии АВ.

Решение: на рисунке 11 показано, что прямой азимут составит 40°, т.к. прямой азимут от обратного отличается на 180°.

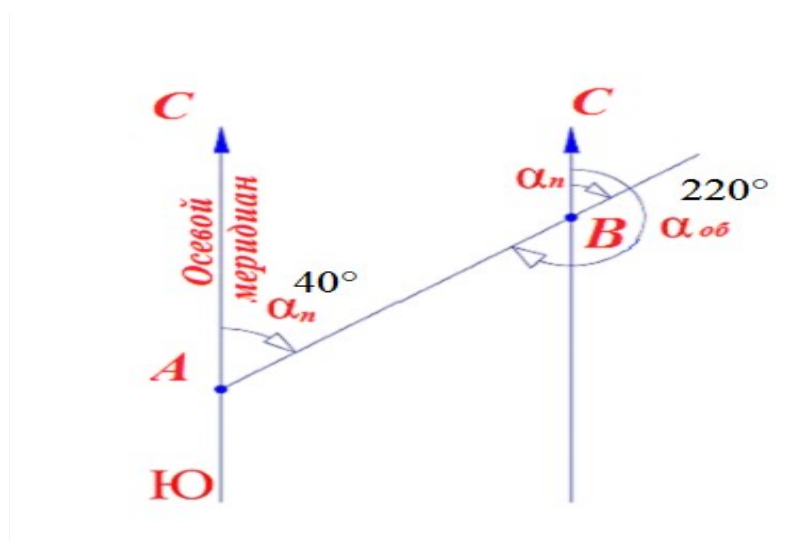


Рисунок 11 - Схема изображения прямого и обратного азимуты

3. Определить прямые азимуты по обратным и обратные по прямым (таблица 11) и построить соответствующие чертежи (образец рисунок 10 и рисунок 11).

Таблица 11 – Исходные данные

№ варианта	Азимут АВ (прямой)	Обратный азимут АВ
1	55° 00' 00"	00° 00' 30"
2	95° 00' 00"	181° 01' 45"
3	181° 00' 00"	359° 59' 59"
4	275° 00' 00"	10° 10' 35"
5	40° 05' 00"	271° 05' 55"
6	00° 05' 30"	11° 11' 35"
7	269° 11' 30"	162° 12' 40"
8	66° 06' 30"	00° 00' 30"
9	300° 59' 30"	301° 11' 30"
10	177° 45' 45"	173° 52' 15"
11	236° 00' 00"	74° 16' 02"
12	132° 05' 00"	17° 08' 55"
13	88° 05' 30"	64° 17' 35"
14	38° 11' 30"	192° 12' 40"
15	146° 16' 30"	16° 00' 30"

4. Дан прямой румб линии АВ СВ: 60°. Определить обратный румб той же линии.

Решение: из рисунка 12 следует, что обратный румб линии АВ будет ЮЗ:60°, т.е. градусная величина остаётся прежней, а меняется название румба.

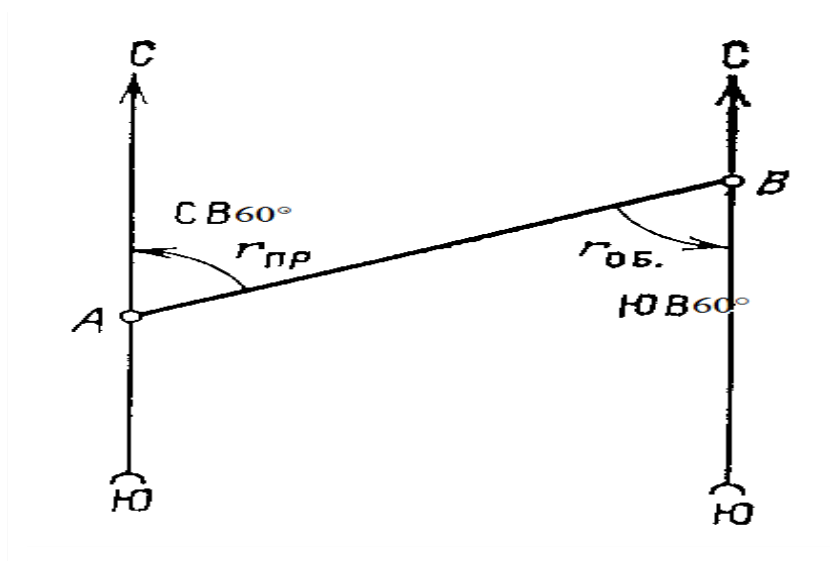


Рисунок 12 - Схема изображения прямого и обратного румбов

5. Дан обратный румб линии АВ СЗ:40°, определить прямой румб этой линии.

Решение из рисунка 13 следует, что прямой румб равен ЮВ:40°.

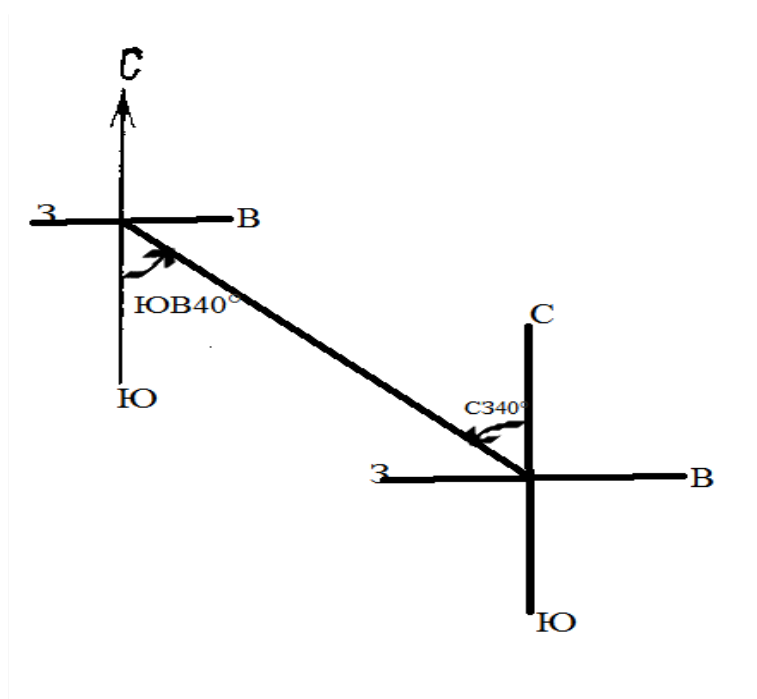


Рисунок 13 - Схема изображения прямого и обратного румбов

6. Задача: по прямым румбам вычислить обратные, по обратным румбам определить прямые с построением на бумаге.

Таблица 12 – Исходные данные

№ варианта	Румб АВ (прямой)	Обратный румб АВ
1	СЗ:00° 15' 00"	ЮЗ:01° 01' 45"
2	ЮЗ:01° 20' 30"	СЗ:00° 00' 30"
3	СВ:66° 06' 20"	СВ:2° 01' 10"
4	ЮВ:7° 07' 30"	ЮВ:16° 16' 00"
5	СВ:77° 17' 20"	СЗ:89° 39' 40"
6	ЮВ:88° 08' 30"	СВ:70° 10' 30"
7	ЮЗ:00° 00' 20"	ЮЗ:60° 10' 15"
8	СЗ:16° 52' 30"	СЗ:10° 10' 10"
9	СВ:71° 01' 20"	СВ:80° 20' 20"
10	ЮЗ:90° 00' 00"	ЮЗ:15° 15' 30"
11	ЮЗ:13° 37' 10"	ЮВ:21° 16' 00"
12	СВ:42° 27' 20"	СЗ:49° 39' 40"
13	ЮВ:36° 11' 40"	СВ:73° 10' 30"
14	ЮЗ:18° 00' 20"	ЮЗ:23° 40' 15"
15	СЗ:55° 41' 10"	СВ:14° 10' 30"

7. По азимуту линии АВ, равному 220° , определить румб линии АВ.

Решение: как показано на рисунке 14, румб линии ЮЗ: 40° , из этого следует, что:

- Градусная величина румба в 1 четверти равна азимуту
- Градусная величина румба во 2 четверти равна 180° минус азимут
- Градусная величина румба в 3 четверти равна азимуту минус 180°
- Градусная величина румба в 4 четверти равна 360° минус азимут.

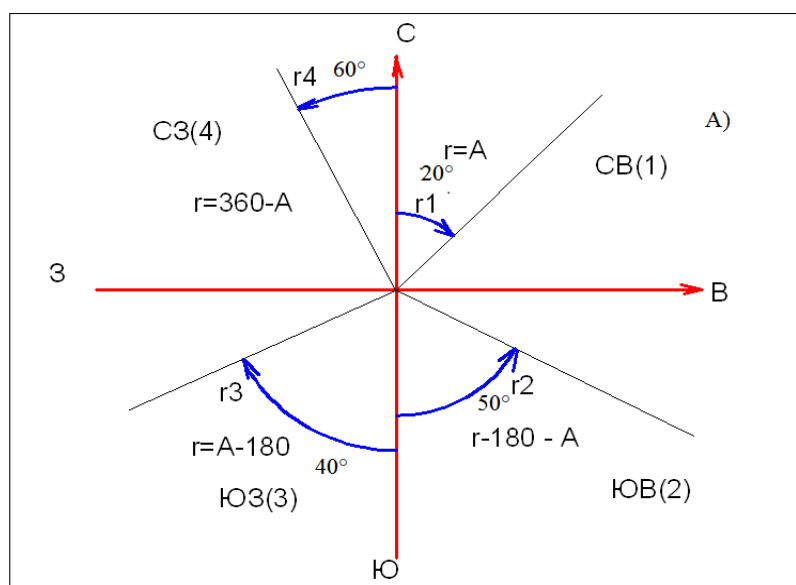


Рисунок 14 – схема изображения румба в разных четвертях

8. Задание: перевести азимуты в румбы и сопроводить вычисления соответствующего чертежа.

Таблица 13 – Исходные данные

№ варианта	Азимут линии АВ	№ варианта	Азимут линии АВ
1	161° 10'	9	210° 10'
2	271° 10'	10	177° 17'
3	11° 27'	11	192° 26'
4	300° 30'	12	203° 15'
5	1° 10'50"	13	19° 57'
6	10° 10'	14	103° 19'
7	359° 16'	15	92° 47'
8	0° 00'	16	347° 49'

9. Румб АВ СЗ:60° перевести в азимут.

Решение: согласно рисунку азимут будет равен 300°, кроме того, из рисунка следует, что:

- Градусная величина азимута в 1 четверти равна румбу
- Градусная величина азимута во 2 четверти равна 180° минус румб
- Градусная величина азимута в 3 четверти равна 180° плюс румб
- Градусная величина азимута в 4 четверти равна 360° минус румб

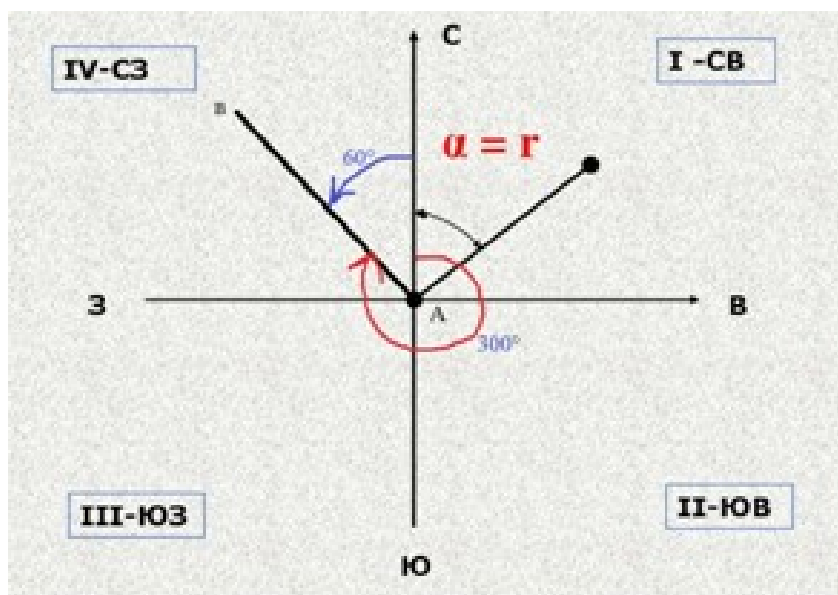


Рисунок 15 – Определение азимута по румбу

10. Задание: сделать переход от румбов к азимутам и сопроводить вычисления соответствующим чертежом:

Таблица 14 – Исходные данные

№ варианта	Румб линии АВ	№ варианта	Румб линии АВ
------------	---------------	------------	---------------

<i>1</i>	ЮВ 31°10' 11"	<i>9</i>	ЮВ 2° 02' 32"
<i>2</i>	СЗ 40°10' 23"	<i>10</i>	СЗ 16°16' 41"
<i>3</i>	СВ 13°10' 08"	<i>11</i>	ЮЗ45° 18' 14"
<i>4</i>	ЮЗ 24°10' 22"	<i>12</i>	СВ72° 10' 29"
<i>5</i>	ЮВ 80°09'15"	<i>13</i>	ЮВ 34° 10' 51"
<i>6</i>	СЗ 15°11' 47"	<i>14</i>	ЮВ12 10' 46"
<i>7</i>	ЮЗ 16°15' 33"	<i>15</i>	СВ 67° 09' 24"
<i>8</i>	СВ 77°17' 26"	<i>16</i>	СЗ 23° 11' 12"

Лабораторная работа №6 Решение задач по карте (плану) с горизонталями

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

1. Определить отметки точек и превышений между ними.

а) Отметка точки, расположенной на горизонтали, равна отметке этой горизонтали.

Отметки горизонталей находят с учетом высоты сечения рельефа, направления ската, подписей отметок утолщенных горизонталей и характерных точек рельефа.

б) Отметку точки расположенной между горизонталями определяют из выражения: $H_2 = H_{мл} + \Delta h_1 = H_{мл} + l_1/d * h$

где: $H_{мл}$ – отметка младшей горизонтали;

Δh – превышение точки над младшей горизонталью;

d – заложение ската;

l_1 – расположение в плане от младшей горизонтали;

h – высота сечения рельефа, м.

Значения d и l_1 определяются на плане с помощью циркуля – измерителя с точностью до 0,2 мм.

Пример: $H_2 = 150\text{м} + 3,2\text{мм}/8,3\text{мм} * 2,5\text{м} = 151\text{м}$.

Для контроля отметку точки следует определить относительно старшей горизонтали: $H_2 = H_{ст} - \Delta h_2 = H_{ст} - l_2/d * h$.

в) Отметку точки, расположенной между горизонталями с одинаковыми отметками, либо внутри замкнутой горизонтали, можно определить лишь приближённо. При этом отметку точки принимают меньше или больше отметки этой горизонтали на половину высоты сечения рельефа, т.е. $0,5h$.

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

Превышения между точками определяют как разность отметок последующей и предыдущей точки $h_n = H_n - H_{n-1}$

Контролем правильности является равенство нулю суммы всех превышений.

Таблица 15 – Таблица превышений

Точки	Отметки точек, Н, м	Превышения h, м
1	152,50	-1,50
2	151,00	2,75
3	153,75	7,50
4	161,25	-8,75
1	152,50	$\sum 0$

2. Проектирование трассы с заданным уклоном.

На карте масштаба 1:10000 требуется наметить трассу дороги между точками А и В, чтобы уклон её во всех частях не превышал i_{np} , т.е. на любом участке трассы должно соблюдаться условие: $i \leq i_{np}$

Пример: Заданный проектный уклон $i_{np} = 0,025$, $h = 2,5$ м.

Порядок действий:

а) Рассчитывают заложение, соответствующее заданному проектному уклону, $d = h / i_{np} = 2,5 / 0,025 = 100$ м. и выражают его в масштабе карты:

$$d' = d_{\text{м}} * 100 / M = 100 \text{ м} * 100 / 10000 = 1,0 \text{ см.}$$

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

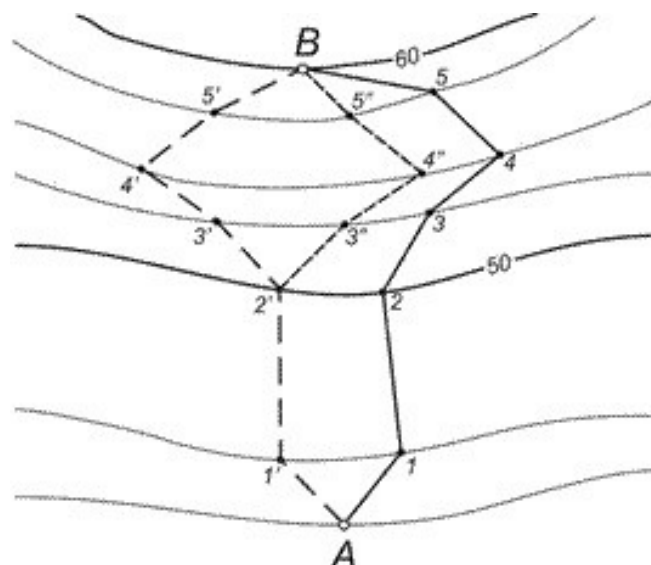


Рисунок 16 – Пример проектирования линии с заданным уклоном

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

3. Профиль – вертикальный разрез местности по заданному направлению.

Построение профиля по заданному на карте направлению А – С необходимо выполнять на листе миллиметровой бумаги в следующей последовательности:

1. На листе миллиметровой бумаги проводят горизонтальную линию (основание профиля) и на ней в масштабе плана откладывают отрезки А – 1, 1 – 2, ..., и т.д., т.е. точки пересечения линии А – С с горизонталями и характерными точками рельефа. В нижней строке записывают расстояния между точками профиля, а под соответствующими А, 1, 2, ... - их отметки.

2. Выбирают условный горизонт (УГ) с таким расчетом, чтобы его линия не пересекалась с линией профиля. Отметка условного горизонта должна быть круглой – кратной 10 м.

Принимают её с таким расчетом, чтобы самая низкая точка профиля была выше линии условного горизонта на 3-5 см. Во всех отмеченных точках на

основании профиля восставляют перпендикуляры и на них в выбранном вертикальном масштабе откладывают отметки точек, уменьшенные на высоту условного горизонта. Для наглядности и выразительности вертикальный масштаб профиля принимается в 10 раз крупнее горизонтального. Соединив верхние концы перпендикуляров отрезками, получают профиль местности по линии А – С.

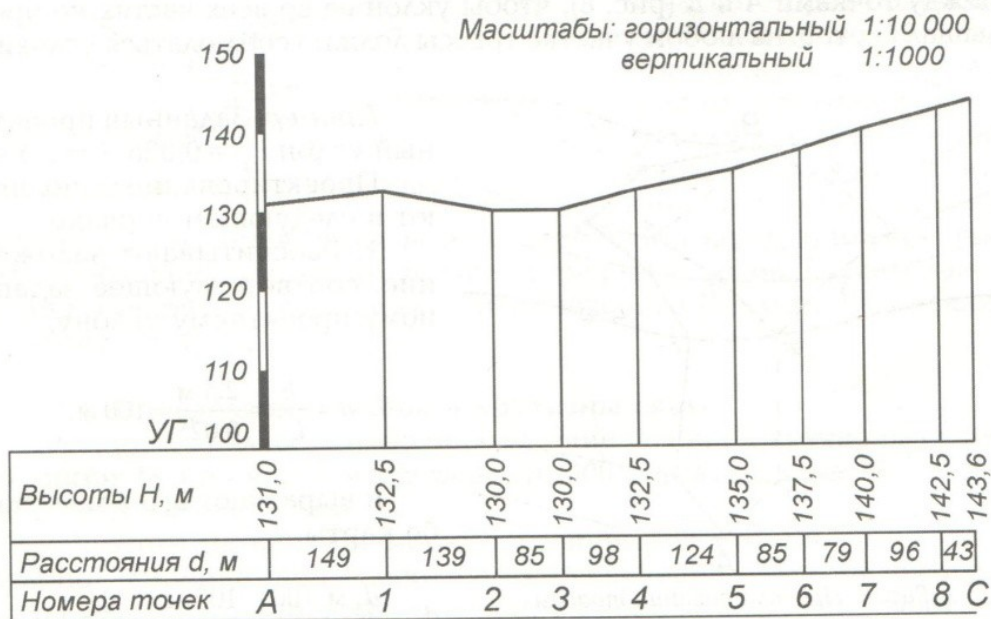


Рисунок 17 – Профиль линии местности

Раздел №2. Геодезические измерения

Изучение устройства теодолита. Поверки теодолита

Цель – изучить устройство технических теодолитов типа ТЗ0, усвоить производство отсчетов по угломерным кругам.

Последовательность выполнения задания

1. Общий осмотр приборов и изучение правил обращения с ними.
2. Принципиальная схема теодолита.
3. Основные части теодолита: горизонтальный круг, вертикальный круг, зрительная труба, уровень.
4. Взятие отсчетов по угломерным кругам.
5. Устройство теодолитов 2ТЗ0 и 4ТЗ0.
6. Установка теодолита в рабочее положение.

Отчет по лабораторной работе оформляется каждым студентом в рабочей тетради и должен охватывать все вопросы задания.

Осмотр теодолита и правила обращения с ним

Полученный прибор закрепляют на штативе становым винтом. Следует обратить внимание на состояние футляра и выполнить общий осмотр прибора. Теодолит должен свободно, без усилий выниматься и укладываться в футляр; при правильной укладке прибор в футляре должен быть неподвижным. При переносе без футляра прибор удерживают за подставку.

После закрепления теодолита на штативе следует убедиться в отсутствии механических повреждений металлических и оптических деталей прибора, произвести проверку металлических узлов, обратив внимание на состояние и работу всех винтов прибора, на плавность вращения его отдельных частей.

При установке прибора на штативе нужно следить, чтобы поверхность головки штатива была приблизительно горизонтальна, а подъемные и наводящие винты находились в среднем положении, т.е. имели достаточный запас хода в любую сторону. Следует избегать чрезмерного завинчивания станового и зажимных (закрепительных) винтов. Запрещается поворачивать

теодолит в горизонтальной плоскости, взявшись рукой за трубу. Нельзя касаться руками оптических деталей зрительной трубы и отсчетного микроскопа.

Принципиальная схема теодолита

Теодолиты независимо от их вида и сложности устройства создаются на единой принципиальной схеме, вытекающей из принципов измерения горизонтальных и вертикальных углов.

Основной частью теодолита (рисунок 18) является горизонтальный круг, состоящий из *лимба 3* и *алидады 2*. При измерении углов плоскость лимба должна быть горизонтальной, а его центр – устанавливаться на отвесной линии, проходящей через вершину измеряемого угла. Отвесная линия *ZZ*, проходящая через ось вращения алидады горизонтального круга, называется *осью вращения* теодолита.

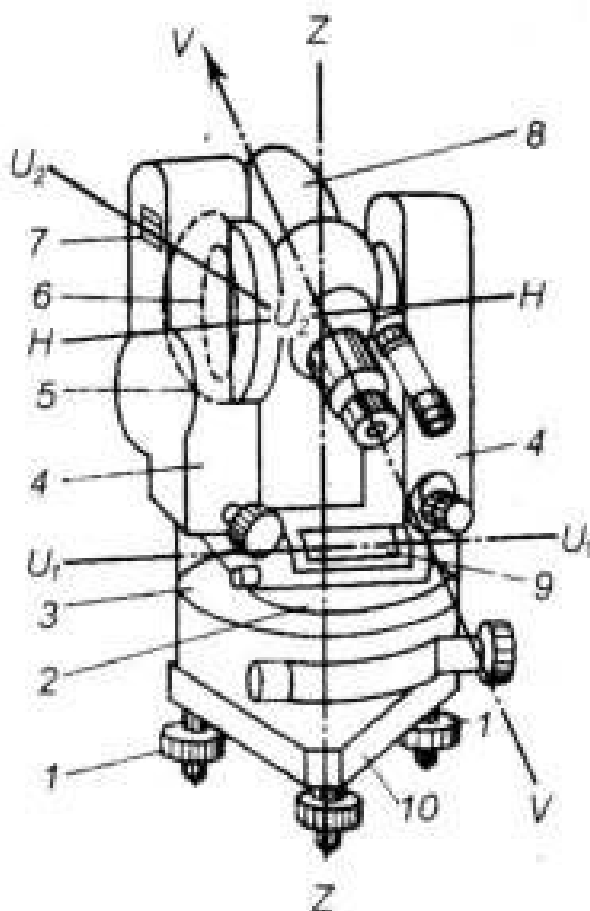


Рисунок 18 – Основные части теодолита

Ось вращения теодолита ZZ устанавливают в отвесное положение (плоскость лимба – в горизонтальное положение) по цилиндрическому уровню 9 с помощью трех подъемных винтов 1 подставки 10. Лимб и алидада снабжены зажимными (закрепительными) винтами, служащими для закрепления их в неподвижном положении, и наводящими винтами – для их медленного и плавного вращения.

Визирование на наблюдаемые цели выполняют *зрительной трубой* 8, визирная ось IV которой при вращении трубы вокруг горизонтальной оси NN образует проектирующую плоскость, называемую *коллимационной*. Зрительная труба соединена с алидадой горизонтального круга с помощью колонки 4. На одном из концов вращения зрительной трубы закреплен вертикальный круг 5, имеющий *цилиндрический уровень* 7. Зрительная труба имеет закрепительный и наводящий винты.

Теодолит закрепляется на штативе *становым винтом*. К крючку станкового винта привязывается нить *отвеса*, служащая продолжением вертикальной оси вращения прибора ZZ . С помощью отвеса теодолит центрируется над точкой, т.е. устанавливается таким образом, чтобы ось ZZ вращения прибора проходила через вершину измеряемого угла. Становые винты изготавливают полыми, что позволяет использовать для центрирования теодолита над точкой *оптические центриры*.

Основные части теодолита

Горизонтальный круг теодолита служит для измерения горизонтальных углов и состоит из лимба и алидады.

Лимб в оптических теодолитах представляет стеклянное кольцо, по наружной окружности которого нанесены равные деления. Величина дуги лимба между двумя ближайшими штрихами называется *ценой деления лимба*. Оцифровка лимба производится через 1° по часовой стрелке от 0 до 360° .

Роль алидады выполняют специальные оптические системы, являющиеся отсчетными устройствами. Алидада может вращаться вокруг своей оси

совместно с верхней частью теодолита относительно неподвижного лимба; при этом отсчет по горизонтальному кругу изменяется. Если алидада вращается вокруг оси совместно с лимбом (зажимный винт алидады закреплен, а лимба – откреплён), то отсчет по горизонтальному кругу остается неизменным.

Вертикальный круг служит для измерения углов наклона, используемых для вычисления горизонтальных проложений линий и превышений.

Лимб вертикального круга жестко закреплен на оси вращения зрительной трубы и вращается вместе с ней; при этом нулевой диаметр лимба должен быть параллелен визирной оси трубы. Алидада вертикального круга при вращении трубы остается неподвижной.

Зрительная труба теодолита служит для визирования на удаленные наблюдаемые цели.

Перед наблюдением зрительная труба должна быть отрегулирована так, чтобы в поле зрения трубы отчетливо было видно изображение визирной цели. Такая установка зрительной трубы называется ее *фокусированием*. В теодолитах типа Т30 применяют трубы с *внутренним* фокусированием.

Оптическая система зрительной трубы с внутренним фокусированием состоит из объектива, окуляра, внутренней фокусирующей линзы, которая перемещается внутри трубы вращением кремальеры (фокусировочного винта) и сетки нитей.

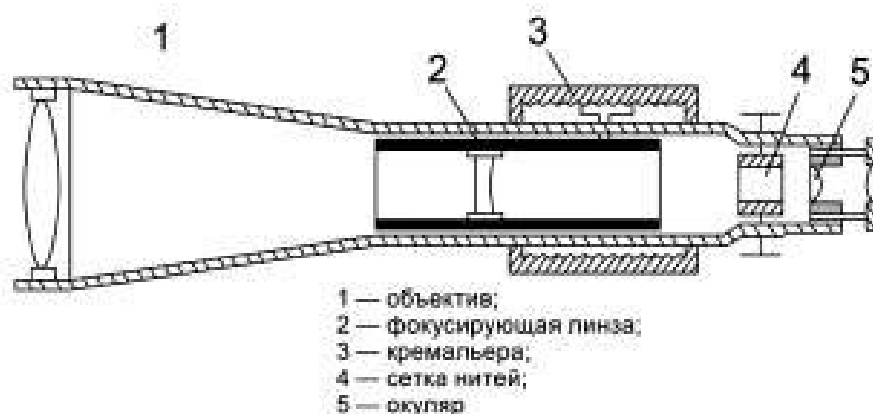


Рисунок 19 – Основные части зрительной трубы

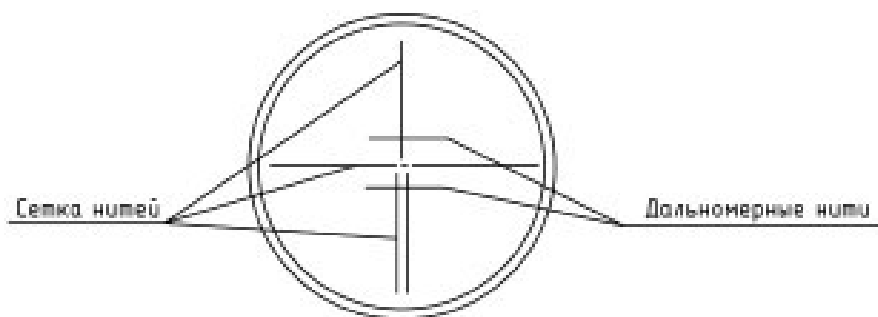


Рисунок 20 – Сетка нитей в объективе зрительной трубы

Сетка нитей представляет собой систему штрихов, нанесенных на стеклянной пластинке, которая помещена в металлической оправе. Основные штрихи сетки используют для наведения трубы в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Двойной вертикальный штрих называется *биссектором нитей*. Визирование на наблюдаемую цель биссектором производится точнее, чем одной нитью. Точка пересечения основных штрихов сетки нитей либо осей заменяющих их биссекторов называется *перекрестием сетки нитей*.

Воображаемая линия, соединяющая перекрестие сетки нитей и оптический центр объектива, называется *визирной осью трубы*, а ее продолжение до наблюдаемой цели – *линией визирования*.

При визировании на цель наблюдатель должен отчетливо видеть в поле зрения трубы штрихи сетки нитей и изображение рассматриваемого предмета. Для выполнения этого условия должна быть выполнена *установка зрительной трубы для наблюдения*, которая складывается из установки ее по глазу и по предмету.

Установку трубы по глазу выполняют перемещением соответствующего диоптрийного кольца окуляра до получения четкой видимости штрихов сетки нитей в поле зрения трубы и шкал горизонтального и вертикального кругов в поле зрения отсчетного микроскопа. Она выполняется каждым наблюдателем соответственно остроте его зрения и периодически проверяется.

Установку трубы по предмету (фокусирование) для получения отчетливого изображения визирной цели осуществляют перемещением

фокусирующей линзы с помощью кремальеры. При наблюдении предметов, расположенных на различных расстояниях от прибора, фокусирование приходится производить каждый раз заново.

Цилиндрический уровень служит для приведения оси вращения теодолита в отвесное положение, а плоскости лимба горизонтального круга – в горизонтальное положение.

Цилиндрический уровень представляет собой стеклянную трубку (ампулу), внутренняя поверхность которой в вертикальном продольном разрезе имеет вид дуги окружности определенного радиуса. Ампула заполнена легкоподвижной жидкостью (серным эфиром или спиртом); пары жидкости в ампуле образуют небольшое пространство, которое называют *пузырьком уровня*.

Рисунок 21 – Цилиндрический уровень



На наружной поверхности ампулы нанесены деления через 2 мм. Средний штрих шкалы 0 называется *нуль-пунктом уровня*. Касательная $u-u_1$ к дуге внутренней поверхности уровня в нуль-пункте называется *осью цилиндрического уровня*. Если пузырек уровня находится в нуль-пункте, то ось уровня горизонтальна.

Центральный угол, соответствующий одному делению ампулы, называется *ценой деления уровня*.

Отсчетные устройства теодолитов 2Т30 и 4Т30П

Отсчетные устройства состоят из двух частей:

- устройство для оценки долей наименьших делений лимба;
- микроскоп, служащий для увеличения изображения его делений.

Изображения шкал горизонтального и вертикального угломерных кругов с помощью специального оптического устройства передаются в поле зрения отсчетного микроскопа.

В поле зрения шкалового микроскопа теодолита 2Т30 и 4Т30П видны изображения лимба и шкалы, длина которой равна изображению градусного деления лимба. Цена деления шкал равна $5'$, отсчеты по угломерным кругам берутся с точностью до $0,5'$. Отсчетным индексом служит градусный штрих лимба, расположенный в пределах шкалы.

Шкала вертикального круга имеет два ряда цифр со знаками « + », (т.е. без знака) и « - ». По верхнему ряду со знаком « + » отсчитывают минуты слева направо в случаях, когда в пределах шкалы находится градусный штрих вертикального круга со знаком « + ». По нижнему ряду со знаком « - » берут отсчет справа налево, когда в пределах шкалы находится градусный штрих с тем же знаком.

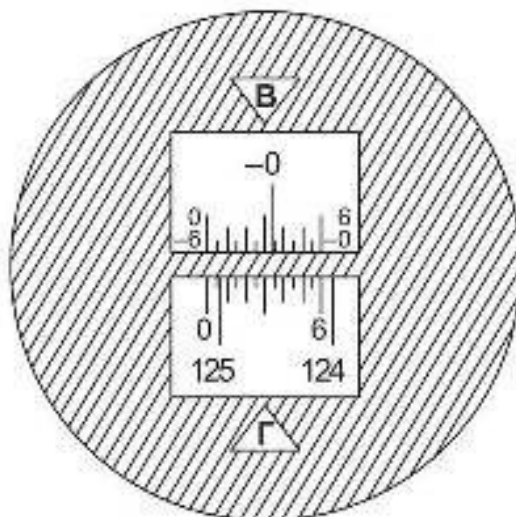


Рисунок 22 – Поле зрения микроскопа теодолитов 2Т30 и 4Т30П

Отсчет по горизонтальному кругу $125^{\circ}06'$; по вертикальному кругу - $0^{\circ}26'30''$

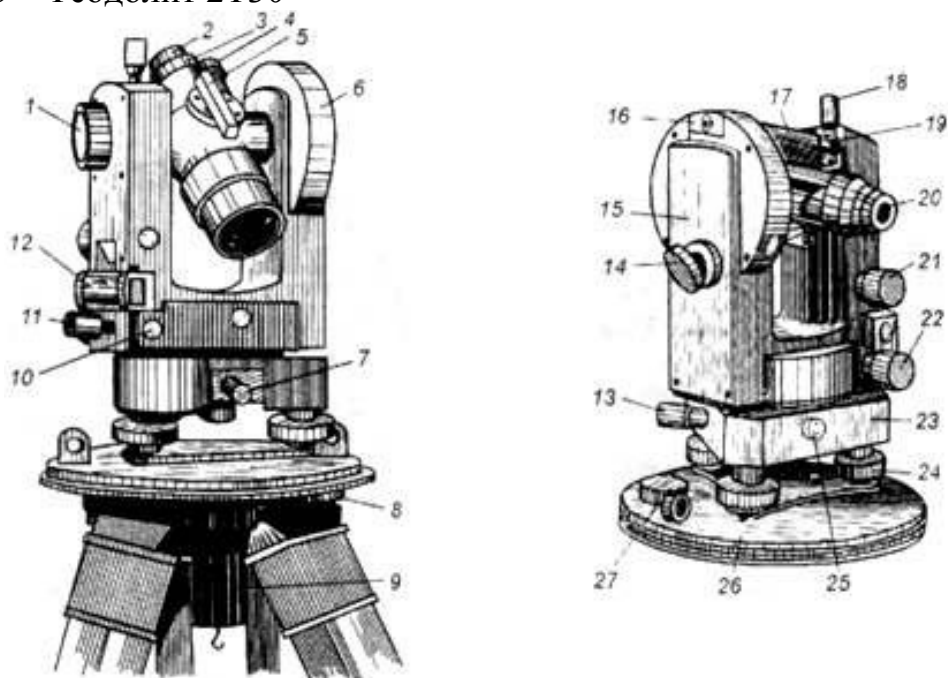
Устройство теодолитов 2Т30 и 4Т30П

Теодолит 2Т30 закрепляется станковым винтом 9 на головке штатива 8 вместе с круглым металлическим основанием 26, являющимся дном футляра прибора, что позволяет упаковывать его, не снимая со штатива. С основанием жестко соединена подставка 23 с тремя подъемными винтами 24.

Горизонтальный круг состоит из лимба и алидады, имеющих, соответственно, зажимные (закрепительные) 7 и 11 и наводящие 13 и 22 винты. На рисунке 20, цифрами 25 и 10 обозначены втулка и гильза этих винтов. Зажимные винты лимба и алидады обеспечивают как совместное с лимбом, так и отдельное вращение алидады относительно неподвижного лимба. Это позволяет измерять горизонтальные углы способами приемов и повторений.

Зрительная труба с внутренним фокусированием имеет увеличение $20\times$. Корпус зрительной трубы представляет единое целое с горизонтальной осью, установленной в лагерах колонки 15, и обоими концами переводится через зенит. Фокусирование трубы по наблюдаемой цели осуществляют вращением кремальеры 1. Вращением диоптрийного кольца 2 окуляр 20 устанавливается по глазу наблюдателя до резкой видимости изображения сетки нитей, находящейся под крышкой 3.

Рисунок 23 – Теодолит 2Т30



Перемещение сетки нитей производят при помощи юстировочных винтов. Коллиматорный визир 5 предназначен для грубого наведения зрительной трубы. Точное наведение зрительной трубы на цель в горизонтальной плоскости осуществляют наводящим винтом 22 после закрепления алидады, а в вертикальной плоскости – наводящим винтом 21 зрительной трубы после закрепления ее винтом 18.

На корпусе алидады установлен цилиндрический уровень 12, с помощью которого ось вращения прибора приводят в отвесное положение подъемными винтами.

Вертикальный круг 6 служит для измерения углов наклона. Цилиндрический уровень при алидаде вертикального круга отсутствует; его функции выполняет цилиндрический уровень 12 при алидаде горизонтального круга, который располагается параллельно коллимационной плоскости. Отсчеты по угломерным кругам можно видеть через окуляр микроскопа 4, отрегулировав освещение шкал с помощью зеркала 14 через иллюминатор. В колонке размещена оптическая отсчетная система.

Центрирование теодолита над точкой можно выполнять с помощью зрительной трубы, которую устанавливают вертикально объективом вниз, визируя через ось вращения алидады.

Теодолит имеет посадочный паз 16 для съемной ориентир-буссоли. Наличие в зрительной трубе нитяного дальномера позволяет измерять расстояния. Зрительная труба теодолита снабжена цилиндрическим уровнем 17, имеющим юстировочные гайки 19. При транспортировке отверстие в основании закрывают крышкой 27.

Установка теодолита в рабочее положение

Перед началом измерений теодолит устанавливают над точкой в рабочее положение. Полная установка теодолита в рабочее положение складывается из следующих операций:

- центрирование прибора над точкой;
- горизонтирование теодолита;
- установка зрительной трубы для наблюдений.

Центрирование теодолита – это действия, в результате которых центр лимба горизонтального круга совмещается с отвесной линией, проходящей через точку стояния прибора. Центрирование может быть выполнено с помощью нитяного отвеса либо оптического центрира.

При центрировании теодолита с помощью нитяного отвеса штатив устанавливают таким образом, чтобы отвес, подвешенный к крючку становой винта, оказался приблизительно над точкой, а поверхность головки штатива была примерно горизонтальна. Затем, ослабив становой винт, теодолит перемещают по головке штатива до положения, когда острие отвеса будет находиться над центром точки; после этого становой винт закрепляют.

Горизонтирование – это приведение оси его вращения в отвесное положение, а следовательно, плоскости лимба в горизонтальное положение. Предварительное горизонтирование прибора грубо достигается при установке штатива, а точное приведение выполняется подъемными винтами с использованием цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга. Для этого цилиндрический уровень устанавливают по направлению двух подъемных винтов и вращением их в разные стороны выводят пузырек уровня в нуль-пункт.

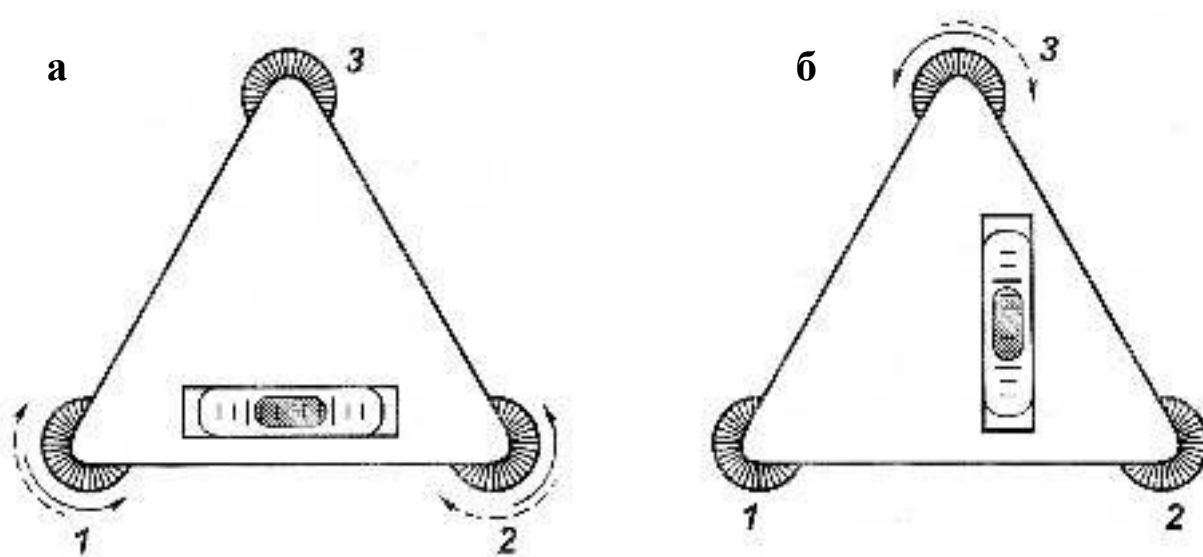


Рисунок 24 – Схема горизонтирования теодолита

Затем поворачивают алидаду на 90° и третьим подъемным винтом выводят пузырек уровня в нуль-пункт.

После горизонтирования теодолита уточняют его центрирование.

Установка зрительной трубы для наблюдения включает в себя установку трубы по глазу наблюдателя и по предмету, т.е. фокусирование трубы по наблюдаемой цели.

Поверки и юстировки теодолита

Цель – изучить основные геометрические условия, предъявляемые к конструкции теодолита, научиться выполнять его поверки и юстировки.

Общие сведения

После внешнего осмотра теодолита и регулировки его механических деталей выполняют его поверки и юстировки.

Конструкция теодолита как угломерного прибора должна удовлетворять следующим основным геометрическим условиям:

- Ось цилиндрического уровня U_1U_2 должна быть перпендикулярна к оси вращения теодолита ZZ .

- Визирная ось зрительной трубы VV должна быть перпендикулярна к горизонтальной оси теодолита (оси вращения зрительной трубы) HH .

- Горизонтальная ось теодолита HH должна быть перпендикулярна к оси вращения теодолита ZZ .

Действия, имеющие целью выявить соблюдение геометрических условий, предъявляемых к конструкции прибора, называются **поверками**. Действия, направленные на устранение выявленных нарушений в приборе, называются **юстировкой**.

При выполнении поверок теодолита и изложении их результатов в лабораторной работе студент должен придерживаться следующей последовательности действий:

1. Наименование выполняемой поверки.
2. Формулировка поверяемого геометрического условия и чем вызвана

необходимость его выполнения.

3. Последовательность действий при выполнении поверки с конкретными результатами измерений, допуски, позволяющие считать поверяемое условие выполненным.

В отчете по лабораторной работе следует дать краткое описание выполнения проверок и юстировок в рекомендуемой последовательности со схемами и результатами измерений.

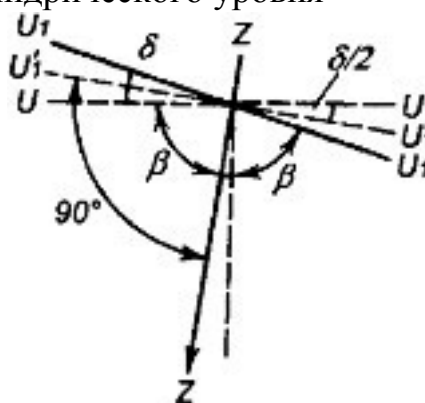
1. Поверка цилиндрического уровня

Ось цилиндрического уровня алидады горизонтального круга должна быть перпендикулярна к оси вращения теодолита.

Выполнение этого условия позволяет с помощью уровня устанавливать ось вращения теодолита в отвесное положение, а плоскость лимба – в горизонтальное положение.

Пусть ось уровня неперпендикулярна к оси вращения теодолита ZZ и составляет с ней угол β (рисунок 25). Тогда при приведенном на середину ампулы пузырьке уровня ось вращения прибора не будет отвесной. При повороте алидады горизонтального круга вместе с уровнем вокруг оси ZZ на 180° пузырек сойдет с середины на n делений, и ось уровня займет новое положение U_1U_1 . При этом ось уровня составит со своим горизонтальным положением UU некоторый угол $\delta = \mu n$, где μ – цена деления уровня. Очевидно, что если привести ось уровня в положение биссектрисы $U'_1U'_1$ угла δ , то она окажется перпендикулярной к оси вращения теодолита, так как $2\beta + \delta = 180^\circ$, следовательно, $\beta + \delta/2 = 90^\circ$.

Рисунок 25 – Юстировка цилиндрического уровня



Порядок действий

1. Закрепляют теодолит на штативе и производят приближенное горизонтирование прибора по уровню.

2. Устанавливают поверяемый уровень по направлению двух подъемных винтов и вращением их в разные стороны выводят пузырек уровня в нуль-пункт (см. рисунок 26а).

3. Поворачивают алидаду на 180° . Если после поворота пузырек уровня остается в нуль-пункте, то условие перпендикулярности осей U_1U_1 и ZZ выполняется.

4. В случае смещения пузырька производят исправление положения уровня. Для этого с помощью юстировочного винта уровня перемещают пузырек по направлению к нуль-пункту на половину дуги отклонения (см. рисунок 26 б).

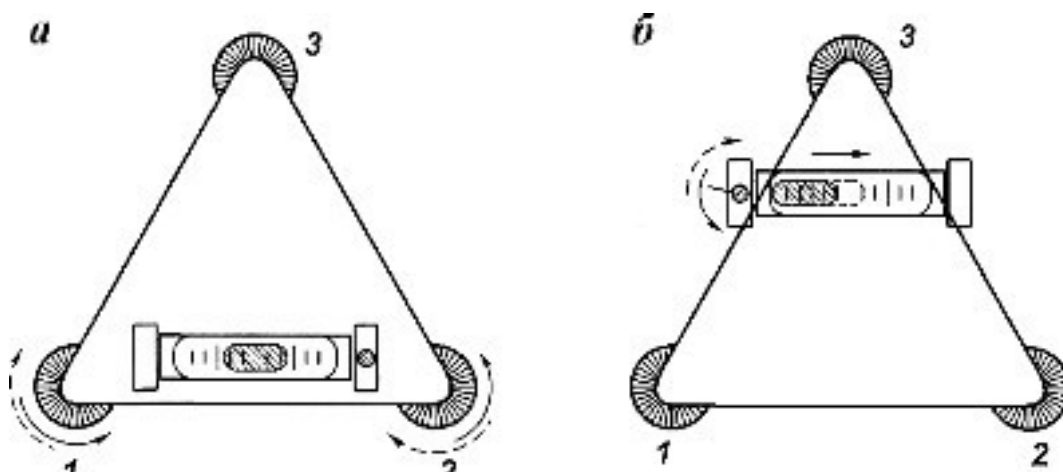


Рисунок 26 – Схема к проверке цилиндрического уровня

После юстировки уровня следует повторить проверку и убедиться в выполнении требуемого условия. Практически условие считается выполненным, если после поворота на 180° пузырек уровня отклоняется от нуль-пункта в пределах одного деления шкалы ампулы.

2. Проверка положения коллимационной плоскости

Визирная ось зрительной трубы VV должна быть перпендикулярна к горизонтальной оси HH (оси вращения трубы) теодолита.

Если указанное условие выполняется, то при вращении зрительной трубы

вокруг горизонтальной оси HH визирная ось образует коллимационную плоскость. При невыполнении условия визирная ось будет описывать не плоскость, а две конические поверхности.

Угол c между фактическим положением визирной оси V_1V_1 и плоскостью, перпендикулярной к горизонтальной оси теодолита HH (рисунок 27), называется *коллимационной погрешностью*.

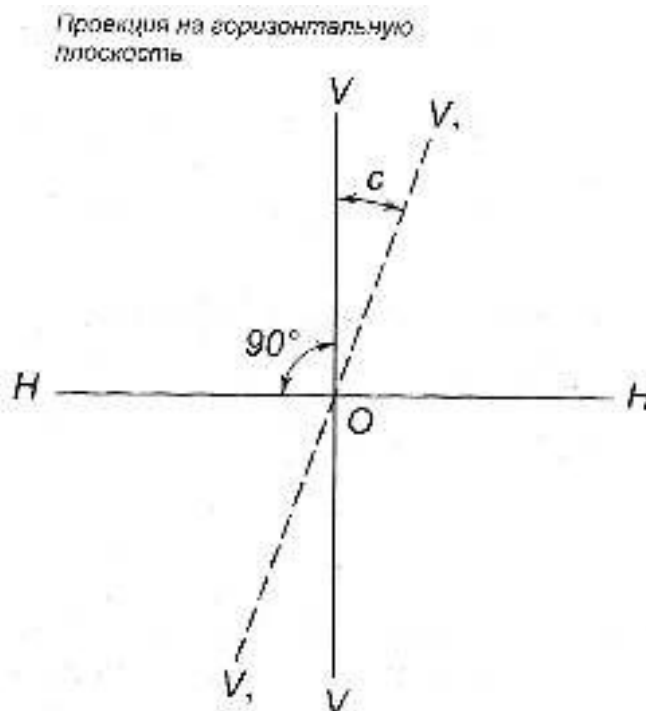


Рисунок 27 – Схема к понятию коллимационной погрешности

Порядок действий

1. Теодолит устанавливают в рабочее положение; на местности выбирают ясно видимый удаленный (на несколько сотен метров) предмет, расположенный примерно на горизонте прибора. Визируют на цель при первом положении вертикального круга (KI) и берут отсчет по горизонтальному кругу M_1 .

2. Переводят трубу через зенит и, вращая алидаду, визируют на цель при втором положении вертикального круга (KII) и берут отсчет по горизонтальному кругу M_2 .

3. Вычисляют коллимационную погрешность: $c = \frac{M_2 - (M_1 + 180^\circ)}{2}$

Поверяемое условие считается выполненным, если коллимационная погрешность не превышает двойной точности отсчетного устройства ($c \leq 2t$). В противном случае ($c > 2t$) производят исправление положения визирной оси.

4. Вычисляют правильный отсчет M , свободный от влияния коллимационной погрешности: $c = \frac{M_1 + M_2 + 180^\circ}{2}$

или $M = M_2 + 180^\circ$

5. Вычисленный отсчет M наводящим винтом алидады горизонтального круга устанавливают на лимбе. При этом алидада повернется на угол c , а перекрестие сетки нитей отклонится от изображения наблюдаемой цели. Тогда, ослабив вертикальные винты оправы сетки нитей, с помощью боковых юстировочных винтов перемещают сетку нитей до совмещения ее перекрестия с визирной целью. После этого сетку закрепляют вертикальными винтами и вновь повторяют поверку.

Следует помнить, что *среднее из отсчетов по горизонтальному кругу, взятых при двух положениях вертикального круга (КЛ и КП), свободно от влияния коллимационной погрешности.*

Пример. При КЛ отсчет по горизонтальному кругу $M_1 = 7^\circ 37'$; при КП $M_2 = 187^\circ 31'$.

Величина коллимационной погрешности:

$$c = (187^\circ 31' - (7^\circ 37' + 180^\circ)) / 2 = -3', \text{ т.е. } c > 1'$$

Правильный отсчет, т. е. отсчет, соответствующий перпендикулярному положению визирной оси к оси вращения трубы, будет:

$$M = (7^\circ 37' + 187^\circ 31' + 180^\circ) / 2 = 187^\circ 34'$$

или

$$M = 187^\circ 31' - (-3') = 187^\circ 34'$$

Наблюдая в отсчетный микроскоп, устанавливают этот отсчет на лимбе горизонтального круга. Действуя боковыми юстировочными винтами сетки

нитей, совмещают ее перекрестие с визирной целью.

3. Проверка положения горизонтальной оси теодолита

Горизонтальная ось теодолита НН должна быть перпендикулярна к оси вращения теодолита ZZ.

Выполнение условия необходимо для того, чтобы после горизонтирования теодолита коллимационная плоскость занимала отвесное положение.

Порядок действий

1. Теодолит устанавливают в 10–20 м от стены здания. Зрительную трубу наводят на высоко расположенную точку А на стене здания (рисунок 28).

2. Наклоняя трубу, проецируют эту точку до горизонтального положения визирной оси и отмечают на прикрепленном к стене листе бумаги проекцию точки a_1 .

3. Переводят трубу через зенит и, повторив ту же операцию при втором положении трубы, отмечают проекцию точки a_2 .

4. Если отношение отрезков $(a_1a_2 / Aa) \leq (1 / 600)$, то условие считается выполненным. В случае несоблюдения условия исправление положения горизонтальной оси теодолита допускается только в оптико-механической мастерской, так как оно требует частичной разборки прибора.

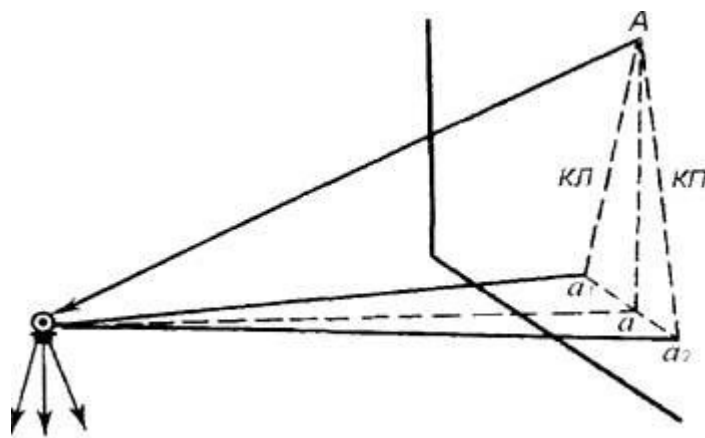


Рисунок 28 – Схема к проверке положения горизонтальной оси теодолита

Следует учесть, что *среднее из отсчетов по лимбу, взятых при визировании на точку при двух положениях трубы (КЛ и КП), свободно от влияния наклона оси вращения трубы.*

4. Поверка сетки нитей

Вертикальный штрих сетки нитей должен располагаться в коллимационной плоскости трубы.

Иначе, горизонтальный штрих сетки нитей должен быть перпендикулярным к оси вращения теодолита ZZ.

Выполнение данного условия требуется для создания удобств при визировании на отвесные предметы (например, вехи).

Порядок действий

1. Тщательно установив ось вращения теодолита в отвесное положение, визируют на нить отвеса, подвешенного на расстоянии 5–10 м от прибора.

2. Если вертикальный штрих сетки отклоняется от отвесной линии более чем на $1/3$ величины биссектора сетки нитей, то необходимо исправить положение сетки нитей путем ее поворота. Для этого слегка ослабляют винты, скрепляющие окулярную часть с корпусом трубы, и поворачивают окулярную часть вместе с сеткой нитей до требуемого положения; затем винты закрепляют.

3. После юстировки второй основной штрих сетки должен быть горизонтальным, так как взаимная перпендикулярность штрихов гарантируется заводом-изготовителем. Чтобы убедиться в этом, наводят горизонтальный штрих на хорошо видимую точку и наводящим винтом поворачивают алидаду горизонтального круга; при этом поверяемый штрих должен оставаться на изображении точки.

После производства данной поверки и юстировки необходимо повторить поверку положения коллимационной плоскости.

Лабораторная работа №7 Угловые измерения

Измерение горизонтальных углов способом приемов

Целью работы является освоение методики и получения практических навыков измерения горизонтальных углов способом приемов с помощью теодолитов типа Т30.

Каждый студент должен измерить не менее двух горизонтальных углов. Все записи результатов измерений и вычислений производятся в полевом журнале (пример выполнения записей представлены в таблице 15). В пояснительной записке следует привести схему и краткую методику измерения угла.

При измерении горизонтальных углов применяют способ приемов (способ отдельного угла).

При прокладке теодолитных ходов и решении инженерных задач на местности обычно измеряют **правые по ходу** углы (углы между последующим направлением и предыдущим, измеренные по часовой стрелке). Так, для того чтобы угол β был правым по ходу (рисунок 27), необходимо идти от точки А к точке В. Тогда точка А будет являться задней по отношению к точке стояния прибора В, а точка С – передней.

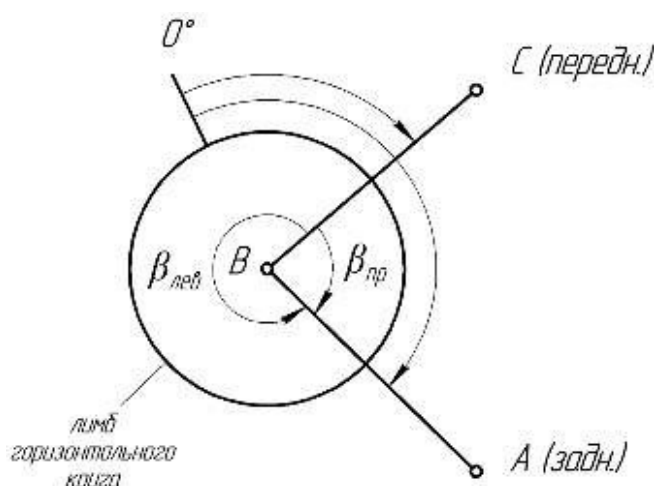


Рисунок 29 – Схема измерения горизонтального угла способом приемов

Измерение углов выполняется поверенным теодолитом. Результаты измерений и вычислений заносят в журнал установленной формы (таблица 16).

Порядок действий

1. Теодолит устанавливают в вершине измеряемого угла (точка В) в рабочее положение, т.е. центрируют, горизонтируют и выполняют установку зрительной трубы и отсчетного микроскопа для наблюдений.

На задней А и передней точке С в створе линий отвесно устанавливают вехи. В процессе измерения угла визирование осуществляется по возможности на нижнюю часть вех с целью снижения влияния их наклона на точность измерения угла.

2. При неподвижном лимбе вращением алидады визируют на заднюю точку А. Сначала по оптическому визиру зрительную трубу наводят от руки, пока визирная цель не попадет в поле зрения. Затем закрепляют зажимные винты алидады и зрительной трубы и выполняют точное визирование с помощью наводящих винтов трубы и алидады горизонтального круга.

Осветив зеркалом поле зрения отсчетного микроскопа, берут отсчет a по горизонтальному кругу и записывают его в журнал измерений (таблица 16).

Таблица 16 – Журнал измерения горизонтальных углов способом приемов

Дата 13.04.2022 г.
Видимость хорошая

Теодолит 2Т30П
№ 06261

Наблюдал Иванов И.И.
Вычисляла Петрова М.И.

Точки		Положение вертикального круга	Отсчеты по горизонтальному кругу °; ' ; ''	Угол	Средний угол
стояния	визирования				
В	А	КЛ	40°19'30'' (1)	205°39'30''(3)	205°39'15''(7)
	С		194°40'00'' (2)		
В	А	КП	220°20'00'' (4)	205°39'00''(6)	
	С		14°41'00'' (5)		

Примечание. Порядок записи отсчетов в журнале и обработки результатов измерений показан номерами в круглых скобках.

3. Открепив алидаду, визируют на переднюю точку С и по аналогии с предыдущим берут отсчет c .

4. Вычисляют значение правого по ходу горизонтального угла, измеренного при 1 положении вертикального круга (при КЛ) как разность отсчетов на заднюю и переднюю точки: $\beta_{кл} = a - c$.

Изложенные выше действия составляют **I полуприем**.

В случае если отсчет на заднюю точку меньше отсчета на переднюю точку, то при вычислении угла к нему прибавляют 360° .

5. Переводят трубу через зенит и повторяют измерения при 2 положении вертикального круга (при КП), т.е. выполняют **II полуприем**. Вычисляют значение угла $\beta_{кп}$.

Два независимых полуприема составляют **полный прием**.

6. Определяют расхождение результатов измерений по 1 и 2 полуприемам, которое не должно превышать двойной точности отсчетного устройства теодолита, т.е. $\beta_{кл} - \beta_{кп} \leq 2t$

Если данное условие не выполняется, то измерения повторяют заново.

7. Если расхождение между значениями угла $\beta_{кл}$ и $\beta_{кп}$ допустимо, то за окончательный результат принимают среднее значение угла:

$$\beta = (\beta_{кл} + \beta_{кп})/2.$$

Такой результат будет свободен от влияния коллимационной погрешности и погрешности за счет наклона оси вращения трубы.

Измерение и вычисление **левого по ходу** горизонтального угла производят в аналогичной последовательности с той лишь разницей, что левый по ходу угол в каждом полуприеме рассчитывают, как разность отсчетов на переднюю и заднюю точки.

Значения измеренных углов по каждому полуприему и среднее значение угла вычисляют на станции, пока не снят теодолит.

Измерение вертикальных углов. Определение углов наклона

Целью работы является изучение устройства вертикальных кругов теодолита, научиться выполнять поверку места нуля (МО) вертикальных кругов этих теодолитов, освоить методику определения углов наклона линий.

Последовательность выполнения задания

1. Изучение теории вертикального круга.
2. Поверка места нуля вертикального круга.
3. Измерение углов наклона линий теодолитами с секторной оцифровкой вертикальных кругов.

При выполнении задания каждый студент по указанию преподавателя должен измерить по 4 вертикальных угла. Все записи результатов измерений и вычислений производят в полевом журнале. В пояснительной записке следует привести рабочие формулы для вычисления углов наклона и MO , порядок выполнения поверки MO вертикального круга, схему и методику измерения углов наклона.

1. Вертикальный круг теодолита

Вертикальный круг теодолита служит для измерения углов в вертикальной плоскости. Угол между горизонтальной плоскостью и направлением визирной оси зрительной трубы называется *углом наклона*.

Лимб вертикального круга жестко скреплен с горизонтальной осью теодолита (осью вращения зрительной трубы) и вращается вместе с ней; при этом алидада вертикального круга остается неподвижной. Роль алидады выполняет специальная оптическая система, являющаяся отсчетным устройством.

У теодолитов типа Т30 уровень при алидаде вертикального круга отсутствует, и его заменяет уровень при алидаде горизонтального круга, расположенный параллельно коллимационной плоскости зрительной трубы. Перед взятием отсчета по вертикальному кругу пузырек уровня с помощью подъемных винтов приводят в нуль-пункт и тем самым обеспечивают неизменность положения отсчетного устройства вертикального круга в момент взятия отсчетов.

Значение угла наклона линии визирования равно разности отсчетов по двум направлениям в вертикальной плоскости. Одно из направлений должно соответствовать горизонтальному положению визирной оси зрительной трубы. При этом отсчет по вертикальному кругу будет равен нулю градусов или

некоторому близкому к нулю значению, называемому *местом нуля МО*.

Следовательно, *место нуля МО вертикального круга – это отсчет по вертикальному кругу при горизонтальном положении визирной оси трубы и исходном положении отсчетного устройства.*

Угол наклона ν и $МО$ можно определить по результатам двух отсчетов, полученных при визировании на наблюдаемую цель при двух положениях зрительной трубы: «круге лево» ($КЛ$) и «круге право» ($КП$). При этом вид формул зависит от системы оцифровки шкалы лимба вертикального круга:

При секторной оцифровке лимба вертикального круга, т.е. для теодолитов 2Т30П и 4Т30П:

$$МО = (КЛ + КП)/2;$$

$$\nu = (КЛ - КП)/2;$$

$$\nu = КЛ - МО = МО - КП.$$

Формулы показывают, что значение угла наклона может быть получено и без вычисления места нуля. Однако на практике $МО$ вычисляют на каждой станции, так как его постоянство (в пределах допустимых отклонений) служит надежным контролем правильности измерения углов наклона. $МО$ необходимо также знать, если углы наклона измеряют одним полуприемом, т.е. при одном положении зрительной трубы ($КЛ$ или $КП$). В этом случае вычисление углов значительно упрощается, если значение $МО$ близко или равно 0° .

2. Проверка места нуля вертикального круга

Место нуля вертикального круга должно быть равно 0° либо близким к 0° .

Большая величина $МО$ несколько затрудняет вычисления, поэтому его исправляют до малого значения.

Порядок действий

1. До начала работ 2–3 раза определяют $МО$ из измерений различных углов наклона при двух положениях зрительной трубы, чтобы убедиться в его практическом постоянстве. Если среднее значение $МО$ не превышает двойной точности отсчетного устройства ($МО \leq 2t$), то оно не осложняет вычислений. В противном случае $МО$ необходимо привести к нулю либо

сделать близким к 0° .

2. По отсчетам $KЛ$ и $KП$ вычисляют свободное от места нуля значение наклона ν на последнюю визирную цель и, наблюдая в отсчетный микроскоп, наводящим винтом трубы устанавливают его на вертикальном круге. При этом средний горизонтальный штрих сетки сместится с изображения визирной цели.

3. Действуя вертикальными юстировочными винтами сетки нитей, совмещают средний горизонтальный штрих сетки с изображением наблюдаемой цели.

Для контроля повторяют данную поверку, а затем – поверки коллимационной погрешности и горизонтальной нити сетки.

3. Измерение углов наклона линий

Углы наклона линий в зависимости от расположения наблюдаемой цели относительно линии горизонта могут быть положительными (углы возвышения) и отрицательными (углы понижения).

При измерении углов наклона перекрестие сетки нитей наводят на визирные знаки (вехи или рейки), на которых отмечают точки визирования (рисунок 30).

Порядок действий

1. Теодолит устанавливают в рабочее положение над точкой A и горизонтальным штрихом сетки визируют на наблюдаемую точку C при первом положении зрительной трубы (при $KЛ$). Берут отсчет по вертикальному кругу, который заносят в журнал измерений (таблица 17).

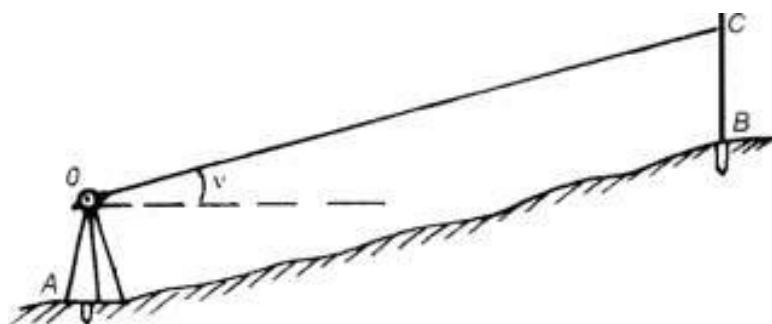


Рисунок 30 – Схема измерения угла наклона линии

Перед взятием отсчета по вертикальному кругу следует убедиться в том, что пузырек уровня при алидаде горизонтального круга находится в нуль-пункте. При отклонении пузырька необходимо вывести его в нуль-пункт с помощью подъемных винтов; после этого следует уточнить визирование на наблюдаемую точку.

2. Для исключения влияния MO вертикального круга измерения повторяют при втором положении зрительной трубы ($KП$).

3. Вычисляют значение угла наклона и MO .

Следует помнить, что правильность измерения вертикальных углов на станции контролируется постоянством MO , колебания которого не должны превышать двойной точности отсчетного устройства теодолита.

Таблица 17 – Журнал измерения углов наклона

Дата 13.04.2022 г.
Видимость хорошая

Теодолит
2Т30П № 06261

Наблюдал Иванов И.И.
Вычисляла Петрова М.И.

Точки		Положение вертикаль- ного круга	Отсчеты по вертикальному кругу	Место нуля МО	Угол наклона ν	Вычисления
стояния	визиро- вания					
Теодолит 2Т30П						
А	В	КЛ КП	+2°16' (1) -2°15' (2)	+ 0°00'30" (3)	+2°15'30" (4)	$MO = [2^{\circ}16' + (-2^{\circ}15')]/2 = +0^{\circ}00'30''$ $\nu = [2^{\circ}16' - (-2^{\circ}15')]/2 = +2^{\circ}15'30''$
	С	КЛ КП	- 4°34' + 4°33'	- 0°00,5'	- 4°33,5'	$MO = [-4^{\circ}34' + 4^{\circ}33']/2 = -0^{\circ}00'30''$ $\nu = [-4^{\circ}34' - 4^{\circ}33']/2 = -4^{\circ}33'30''$

28

Порядок записи отсчетов и вычислений показан номерами в круглых скобках.

Лабораторная работа №8 Линейные измерения

Цель – изучить принцип работы нитяного дальномера; освоить методику измерений; научиться определять расстояния с помощью нитяного дальномера при горизонтальном и наклонном положениях линии визирования, находить превышения между точками методом тригонометрического нивелирования.

Задание:

1. Принцип определения расстояний с использованием нитяного дальномера.
2. Сущность тригонометрического нивелирования.
3. Определение расстояний нитяным дальномером:
 - при горизонтальном положении линии визирования ($\nu=0^\circ$);
 - при наклонном положении линии визирования ($\nu \neq 0^\circ$).
4. Определение превышений методом тригонометрического нивелирования.

При выполнении задания каждый студент должен определить с помощью нитяного дальномера теодолита 2Т30П (4Т30П) расстояние при горизонтальном и наклонном положении линии визирования и превышение между точками методом тригонометрического нивелирования.

Точки, между которыми требуется определить расстояния и превышения, указываются преподавателем.

В пояснительной записке следует привести необходимые схемы, методику и результаты измерений, рабочие формулы и вычисления.

1) Принцип определения расстояний нитяным дальномером

Нитяной дальномер относится к простейшим оптическим дальномерам с постоянным параллактическим углом ε и переменной базой n при наблюдаемой точке. Конструктивно он представляет собой зрительную трубу, в поле зрения которой сетка нитей имеет два дополнительных горизонтальных штриха, симметрично расположенных относительно визирной оси (рисунок 31б).

Согласно схеме (рисунок 31а) расстояние от оси вращения прибора до

рейки

$$D = Kn + c$$

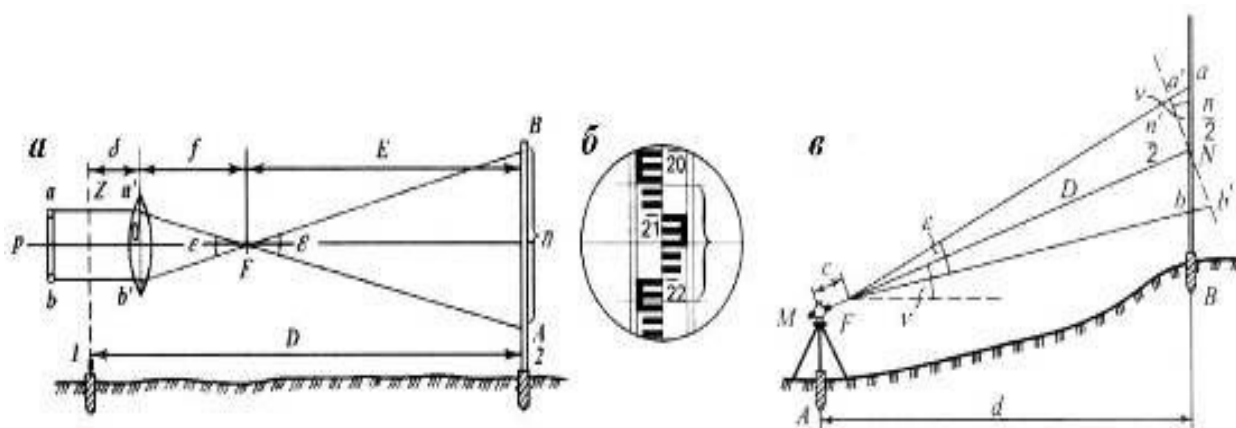
где K – коэффициент дальномера ($K = 100$);

n – дальномерный отсчет.

Дальномерный отсчет – число делений рейки между дальномерными нитями. Находится как разность отсчетов по рейке, взятых по нижней и верхней дальномерным нитям.

$c = f + \delta$ – постоянное слагаемое дальномера; в связи с малостью (4–6 см) им обычно пренебрегают, поэтому искомое расстояние определится как

$$D = Kn = 100n.$$



a – схема хода лучей в зрительной трубе нитяного дальномера

при горизонтальном положении линии визирования; *b* – дальномерный отсчет по

рейке; *в* – схема определения расстояний при наклонном положении линии визирования

Рисунок 31 – Схема определения расстояния нитяным дальномером

Пример. Отсчеты по дальномерным нитям по рейке равны 2225 мм и 2052 мм. Тогда:

$$n = 2225 - 2052 = 183 \text{ мм} = 18,3 \text{ см},$$

$$D = Kn = 100 \cdot 18,3 \text{ см} = 1830 \text{ см} = 18,3 \text{ м}.$$

Как видно из примера, при $K=100$ дальномерный отсчет n по рейке в **сантиметрах** выразит искомое расстояние D в **метрах**.

Если точки A и B находятся на разных высотах (рисунок 31 *в*), то линия визирования не будет перпендикулярна к рейке, установленной отвесно. В

этом случае дальномерный отсчет $n = ab$ будет больше необходимого отсчета $n' = a'b'$, соответствующего перпендикулярному положению рейки к линии визирования. Тогда длина наклонной линии D определится как:

$$D = K \cdot n \cdot \cos \nu.$$

Горизонтальное проложение линии

$$d = D \cdot \cos \nu = K \cdot n \cdot \cos^2 \nu = L \cdot \cos^2 \nu,$$

или

$$d = L - \Delta L = L - \sin^2 \nu,$$

где $L = Kn$ – дальномерное расстояние;

$\Delta L = \sin^2 \nu$ – поправка за наклон в измеренное дальномерное расстояние.

Точность измерения расстояний нитяным дальномером характеризуется относительной погрешностью $1/300 - 1/400$.

2) Сущность тригонометрического нивелирования

Для определения превышения h между точками А и Б (рисунок 30) над точкой А устанавливают в рабочее положение теодолит, а в точке В – вежу или рейку. Измеряют высоту прибора i и зрительной трубой теодолита визируют на верх вехи, имеющей длину V (или на определенный отсчет на рейке).

Измеряют вертикальный угол ν , а с помощью дальномера – наклонное расстояние D либо его горизонтальную проекцию d .

Тогда превышение между точками

$$h = d \operatorname{tg} \nu + i - V$$

Если расстояние измерено нитяным дальномером, то превышение между точками определится как

$$h = (L/2) \sin^2 \nu + i - V,$$

где $L = Kn$ – дальномерное расстояние.

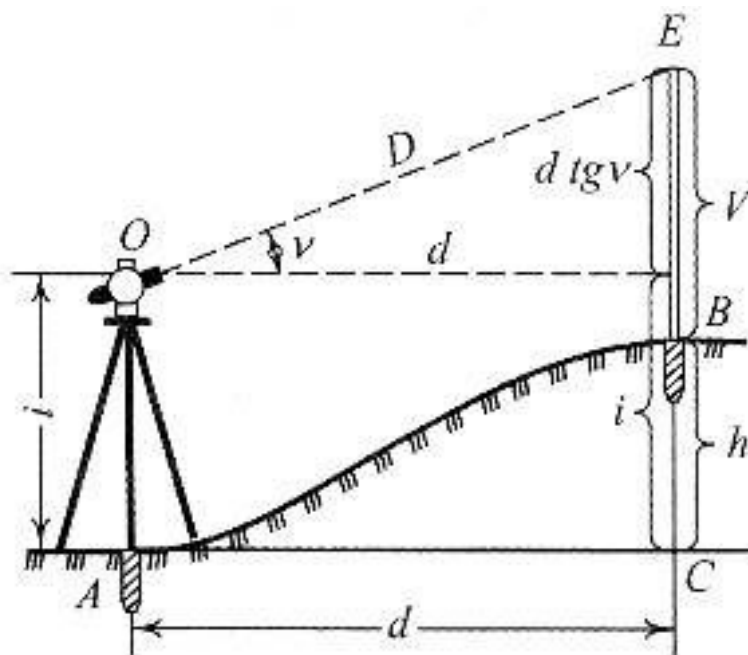


Рисунок 32 – Схема тригонометрического нивелирования

3) Определение расстояний нитяным дальномером

При горизонтальном положении линии визирования ($v = 0^\circ$)

1. Теодолит устанавливают на штативе, приводят в рабочее положение.
2. На вертикальном круге теодолита устанавливают отсчет, равный 0° , и вращением алидады визируют на рейку.
3. Берут отсчеты по дальномерным нитям с точностью до 1 мм (0,1 см) и вычисляют дальномерный отсчет n .
4. Вычисляют горизонтальное проложение линии $d = Kn$.

Пример: При угле наклона линии визирования $v = 0^\circ$ отсчеты по дальномерным нитям по рейке составили 461 мм и 318 мм.

Дальномерный отсчет: $n = 461 - 318 = 143$ мм = 14,3 см. Горизонтальное расстояние: $d = 14,3$ м.

4) При наклонном положении линии визирования ($v \neq 0^\circ$)

1. Теодолит устанавливают на штативе в рабочее положение.
2. Визируют на определенный отсчет V на рейке (например, $V = 2,0$ м) и берут отсчет по вертикальному кругу, т. е. измеряют угол наклона линии визирования v .

3. Берут отсчеты по дальномерным нитям и вычисляют дальномерный отсчет n .

4. Вычисляют дальномерное, наклонное и горизонтальное расстояния по формулам:

$$L = K \cdot n;$$

$$D = K \cdot n \cdot \cos \nu = D = L \cdot \cos \nu;$$

$$d = D \cdot \cos \nu = L \cdot \cos^2 \nu = L - L \cdot \sin^2 \nu.$$

Вычисление значений D и d рекомендуется выполнять с точностью до 0,01 м. Расхождения в вычисленных значениях горизонтального проложения d , определенных при горизонтальном и наклонном положении линии визирования, не должны превышать 0,1 м.

Пример

Теодолит установлен в точке А, высота прибора $i = 1,31$ м. Визирование выполнялось на рейку в точке В, высота визирования $V = 2,0$ м.

Отсчеты по дальномерным нитям 2072 мм и 1927 мм. Отсчеты по вертикальному кругу:

$$КЛ = +6^\circ 26', КП = -6^\circ 24'.$$

Дальномерный отсчет:

$$n = 2072 - 1927 = 145 \text{ мм} = 14,5 \text{ см}.$$

Дальномерное расстояние:

$$L = Kn = 100 \cdot 14,5 = 1450 \text{ см} = 14,5 \text{ м}.$$

Угол наклона линии визирования:

$$\nu = (КЛ - КП) / 2 = +6^\circ 25'.$$

Наклонное расстояние:

$$D = L \cos 6^\circ 25' = 14,5 \text{ м} \cdot 0,9937 = 14,41 \text{ м}.$$

Горизонтальное расстояние:

$$d = D \cos 6^\circ 25' = 14,41 \text{ м} \cdot 0,9937 = 14,32 \text{ м};$$

$$d = L \cos^2 6^\circ 25' = 14,50 \text{ м} \cdot 0,9875 = 14,32 \text{ м};$$

$$d = L - L \sin^2 6^\circ 25' = 14,50 \text{ м} - 0,18 \text{ м} = 14,32 \text{ м}.$$

5) Определение превышений методом тригонометрического нивелирования

Определение превышений между точками выполняют с использованием данных, полученных при определении расстояний нитяным дальномером при наклонном положении линии визирования. При этом измерение угла наклона следует выполнять при двух положениях зрительной трубы (*КЛ* и *КП*).

Значения превышений определяются по формулам:

$$h = (L/2) \sin 2v + i - V; h = d \operatorname{tg} v + i - V.$$

Расхождение в значениях превышения, определенных по вышеприведенным формулам, не должно превышать 0,01 м.

Пример

Результаты измерений приведены в предыдущем примере:

$$L = 14,5 \text{ м}; d = 14,32 \text{ м}; v = 6^\circ 25'; i = 1,31 \text{ м}; V = 2,00 \text{ м}.$$

$$h = (14,50 \text{ м} / 2) \cdot 0,22212 + 1,31 \text{ м} - 2,00 \text{ м} = + 0,92 \text{ м}.$$

$$h = 14,32 \text{ м} \cdot 0,11246 + 1,31 \text{ м} - 2,00 \text{ м} = + 0,92 \text{ м}.$$

Точки, между которыми требуется определить расстояния и превышения, указываются преподавателем.

При выполнении задания каждый обучающийся должен определить с помощью нитяного дальномера теодолита 2Т30П (4Т30П) расстояние при горизонтальном и наклонном положении линии визирования и превышение между точками методом тригонометрического нивелирования.

В пояснительной записке следует привести схемы и методику измерений, рабочие формулы и результаты вычислений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В методических указаниях изложен порядок выполнения лабораторных работ по геодезии для обучающихся направления подготовки 21.03.02 Землеустройство и кадастры.

В методических указаниях подробно описаны способы определения координат, масштабы, ориентирование. Описаны геодезические приборы и методика работы с ними, поверки приборов, а также пошагово расписаны действия при выполнении расчетных работ.

Методические указания способствуют:

- развитию у обучающихся способности к самостоятельному анализу учебной и нормативной литературы;
- формированию навыков, позволяющих им самостоятельно выполнять весь комплекс геодезических, съемочных и инженерно-геодезических задач, связанных с составлением проекта землеустройства, составления планово-картографических материалов;
- умению решать задачи по топографическим картам и планам; определять площади земельных угодий разными способами.
- умению самостоятельно создавать съемочное обоснование для съемки ситуации и перенесения в натуру проектных данных;
- формированию умения и навыка работы с геодезическим оборудованием.

Список рекомендованных источников

- 1. Геодезия. Часть 2.** Теодолиты, нивелиры : лабораторный практикум / Б. Н. Строгий, И. А. Казачков, А. М. Бондаренко [и др.] ; Азово-Черноморская государственная агроинженерная академия. – зерноград : АЧГАА, 2014. – 76 с.
- 2. Маслов, А. В.** Геодезия: учебник / А. В. Маслов, А. В. Гордеев, Ю. Г. Батраков ; Международная ассоциация «Агрообразование» ; ред. Н. М. Щербакова. – 6-е изд., перераб. и доп. – Москва : КолосС, 2006. – 598 с. – (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений).
- 3. Поклад, Г. Г.** Геодезия : учебное пособие / Г. Г. Поклад, С. П. Гриднев. – Москва : Академический Проект, 2013. – 538 с. – (Учебное пособие для вузов).
- 4. Практикум по геодезии :** учебное пособие для вузов / Г. Г. Поклад, С. П. Гриднев, А. Н. Сячинов [и др.] ; Воронежский государственный аграрный университет имени К. Д. Глинки ; ред. Г. Г. Поклад. – Москва : Академический Проект :Трикста, 2011. – 470 с. – (Фундаментальный учебник: библиотека геодезиста и картографа).
- 5. Разграфка и номенклатура карт.** Работа с картой. Измерение площадей земельных угодий : методические рекомендации / Пермская государственная сельскохозяйственная академия имени академика Д. Н. Прянишникова ; сост. И. А. Очиченко. – Пермь : Пермская ГСХА, 2012. – 37 с.