

ОСНОВЫ ГЕОДЕЗИИ И ТОПОГРАФИИ

**Раздел «Создание планово-высотного
съемочного обоснования»**

МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

**к выполнению практических и лабораторных занятий
для студентов, обучающихся по специальностям
130101.65 «Прикладная геология», 130400.65 «Горное дело»**

Составитель М. А. Еналдиева

Владикавказ 2015

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

Кафедра геодезии

ОСНОВЫ ГЕОДЕЗИИ И ТОПОГРАФИИ

Раздел «Создание планово-высотного
съёмочного обоснования»

МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

к выполнению практических и лабораторных занятий
для студентов, обучающихся по специальностям
130101.65 «Прикладная геология», 130400.65 «Горное дело»

Составитель М. А. Еналдиева

Допущено
редакционно-издательским советом
Северо-Кавказского горно-металлургического института
(государственного технологического университета)

Протокол заседания РИСа № 3 от 11.04.2014 г.

Владикавказ 2015

УДК 550.8
ББК 26.3
Е51

Рецензент:
доктор технических наук,
профессор Северо-Кавказского горно-металлургического института
(государственного технологического университета) *Келоев Т. А.*

Е51 **Основы геодезии и топографии:** Раздел «Создание планово-высотного съемочного обоснования»: Методическое пособие к выполнению практических и лабораторных занятий для студентов, обучающихся по специальностям 130101.65 «Прикладная геология», 130400.65 «Горное дело» / Составитель М. А. Еналдиева; Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет). – Владикавказ: Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет). Изд-во «Терек», 2015. – 64 с.

УДК 550.8
ББК 26.3

© Составление. ФГБОУ ВПО «Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет)», 2015
© Еналдиева М. А., составление, 2015

Лабораторные занятия по дисциплине «Геодезия»
для студентов специальности **130404.65 Горное дело**

Вид учебной работы	Всего часов
Лабораторные занятия	18
Из них интерактивных	5
1. Теодолит. Устройство и работа	2
2. Поверки и юстировки теодолита	2
3. Обработка угловых измерений в замкнутом полигоне. Вычисление дирекционных углов и румбов сторон замкнутого полигона	2
4. Обработка линейных измерений по замкнутому полигону. Вычисление и увязка приращений прямоугольных координат	2
5. Определения координат и высот вершин опорного полигона. Построение полигона по координатам вершин	2
6. Нивелир. Устройство и работа	2
7. Построение и оформление плана съемки. Обработка журнала тахеометрической съемки	2
8. Построение и оформление плана съемки. Нанесение на план речных точек и ситуации по абрису. Нанесение на план горизонталей	2
9. Решение задач по плану	2
Итого	18
Самостоятельная работа	5
Подготовка к лабораторным занятиям	5

ТЕОДОЛИТ. УСТРОЙСТВО И РАБОТА

Цели: изучить название основных частей прибора, освоить их взаимодействие и научиться производить отсчеты по горизонтальному и вертикальному кругам.

Приборы и принадлежности: комплект теодолита, бланки задания.

1.1. Теодолит, его составные части

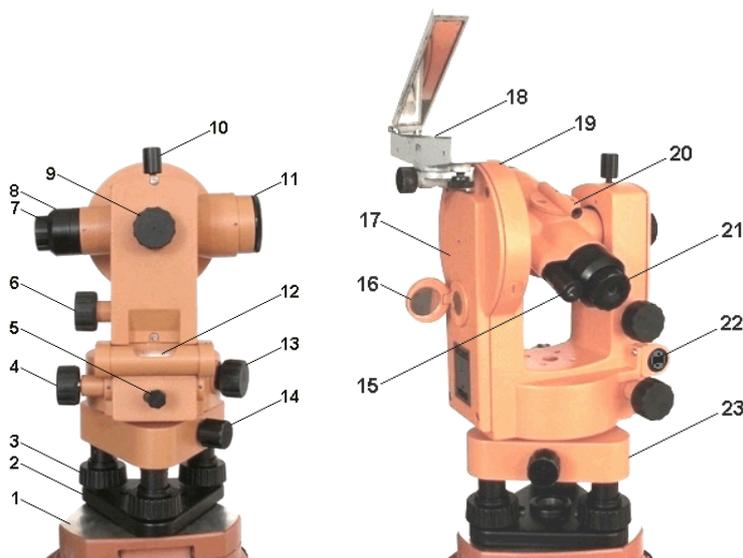


Рис. 1.1. Устройство теодолита 4Т30П:

1 – головка штатива; 2 – основание; 3 – подъемный винт; 4 – наводящий винт алидады; 5 – закрепительный винт алидады; 6 – наводящий винт зрительной трубы; 7 – окуляр зрительной трубы; 8 – предохранительный колпачок сетки нитей зрительной трубы; 9 – кремальера; 10 – закрепительный винт зрительной трубы; 11 – объектив зрительной трубы; 12 – цилиндрический уровень; 13 – кнопочный винт для поворота лимба; 14 – закрепительный винт; 15 – окуляр отсчетного микроскопа с диоптрийным кольцом; 16 – зеркальце для подсветки штрихов отсчетного микроскопа; 17 – колонка; 18 – ориентир-буссоль; 19 – вертикальный круг; 20 – визир; 21 – диоптрийное кольцо окуляра зрительной трубы; 22 – исправительные винты цилиндрического уровня; 23 – подставка.

1.2. Отсчетные приспособления

Отсчетные приспособления служат для отсчитывания делений лимба и оценки их долей. Они делятся на штриховые (теодолит Т30) и шкаловые (2Т30, Т5, 2Т5) микроскопы (рис. 1.2) и микрометры (теодолит Т2). Угловая цена деления лимба называется ценой деления лимба.

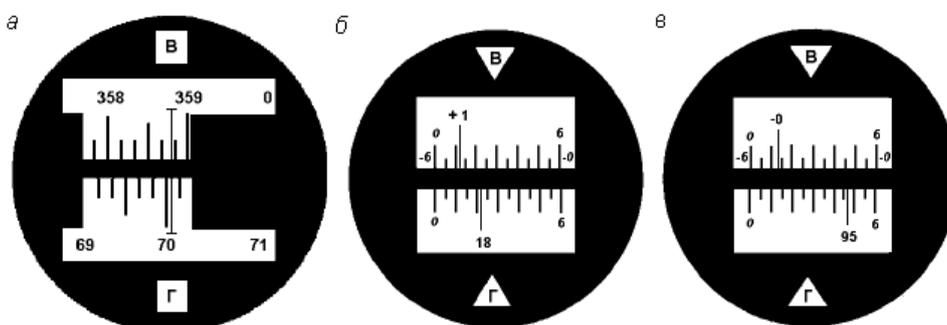


Рис. 1.2. Поле зрения отсчетных устройств:

штрихового микроскопа с отсчетами по вертикальному кругу – $358^{\circ}48'$, по горизонтальному – $70^{\circ}04'$ (а); шкалового микроскопа с отсчетами: по вертикальному кругу $+1^{\circ}11,5'$, по горизонтальному – $18^{\circ}22'$ (б); по вертикальному кругу $-0^{\circ}46,5'$, по горизонтальному – $95^{\circ}47'$ (в).

Задание № 1. Запишите названия пронумерованных на рисунке 1.3 частей теодолита 4Т30П.

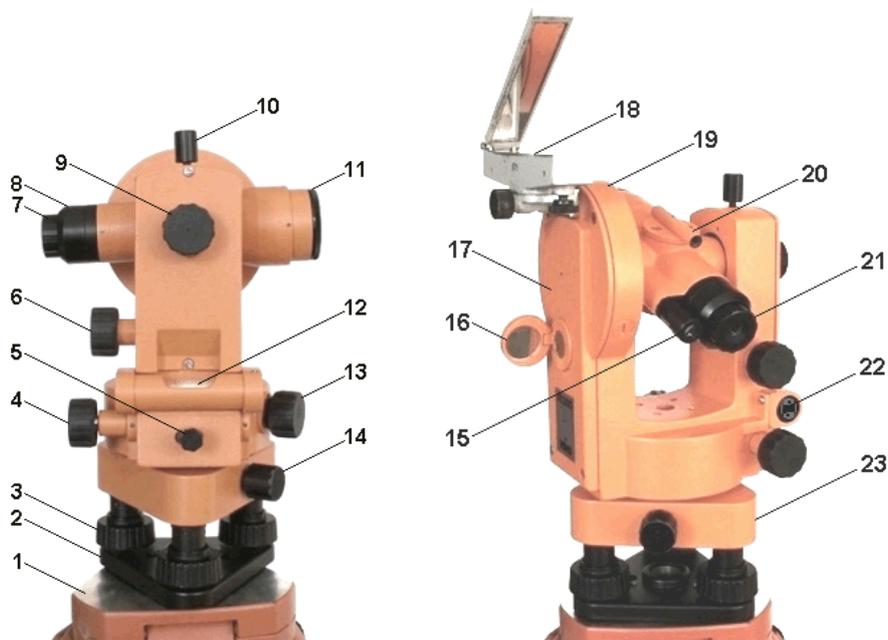


Рис. 1.3. Устройство теодолита 4Т30П.

Задание № 2. Запишите ответы на следующие вопросы:

а) какой винт надо закрепить и какой ослабить, чтобы при вращении верхней части прибора отсчеты по горизонтальному кругу не менялись?

б) какими винтами и как надо действовать, чтобы, не изменяя положение пузырька уровня, привести средний горизонтальный штрих зрительной трубы теодолита 4Т30П на данную точку местности?

Задание № 3. Возьмите отсчеты по горизонтальному и вертикальному кругам, зарисуйте расположение шкал этих кругов, соответствующее произведенным отсчетам.

ПОВЕРКИ И ЮСТИРОВКИ ТЕОДОЛИТА

Цели: закрепить знания, полученные на лекциях, и приобрести навыки выполнения поверок и юстировок теодолита; освоить методику измерения горизонтальных углов и обработки полученных результатов, приобрести начальные навыки измерения углов.

Приборы и принадлежности: комплект теодолита, журнал измерения горизонтальных углов; бланки задания.

Полевые поверки и юстировки теодолита

1. Ось цилиндрического уровня (касательная к внутренней поверхности ампулы в нуль-пункте) должна быть перпендикулярна вертикальной оси вращения теодолита.

Для поверки этого условия устанавливают цилиндрический уровень параллельно двум подъемным винтам и, вращая их, приводят пузырек на середину. Затем поворачивают цилиндрический уровень на 180° и, если пузырек отклонился более чем на одно деление, с помощью исправительных винтов смещают пузырек к центру на половину отклонения.

2. Визирная ось трубы (ось, проходящая через оптический центр объектива и перекрестие сетки нитей) должна быть перпендикулярна оси вращения трубы.

Эта поверка сводится к определению коллимационной погрешности - горизонтального угла между фактическим положением визирной оси и требуемым. Для выполнения поверки наводят визирную ось трубы на удаленную, четко видимую на горизонте точку и снимают отсчеты по горизонтальному кругу при *КП* и *КЛ*. Отсчеты должны отличаться на $180^\circ 00'$, в противном случае имеет место коллимационная погрешность.

Если коллимационная погрешность, определяемая по формуле $C = (КЛ - КП) / 2$, превышает $2t$, где t – точность отсчетного устройства, то выполняют юстировку: вычисляют средний отсчет и устанавливают его на горизонтальном круге. В этом случае наблюдаемая точка не будет совпадать с перекрестием сетки нитей. Предварительно ослабив один вертикальный исправительный винт, двумя горизонтальными совмещают перекрестие сетки с наблюдаемой точкой. Результаты измерений и вычислений записывают в журнале определения коллимационной погрешности.

3. Место нуля вертикального круга (отсчет по *ВК*, когда визирная ось и ось цилиндрического уровня горизонтальны) должно быть близким к нулю или отличаться от нуля не более чем на $2t$.

Для поверки не менее двух раз определяют место нуля по формуле $МО = (КЛ + КП) / 2$, где *КЛ* и *КП* – отсчеты по вертикальному кругу при наведении средней горизонтальной нити на точку. Если вычисленное значение место нуля недопустимо, устанавливают наводящим винтом трубы отсчет по вертикальному кругу, равный вычисленному углу наклона на точку ($n = КЛ - МО$). Вращая вертикальные исправительные винты сетки нитей (рис. 2.1), предварительно ослабив один горизонтальный винт, совмещают среднюю горизонтальную нить с наблюдаемой точкой.

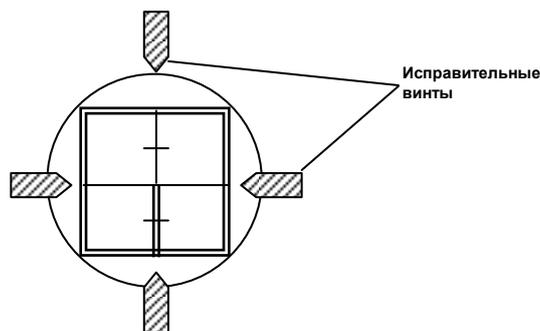


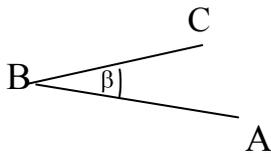
Рис. 2.1. Сетка нитей теодолита.

Измерение горизонтального угла и вычисление горизонтальных углов в журнале измерения углов и длин линий

Углы обычно измеряют в градусной мере (градусы, минуты, секунды), реже в радианной мере. За рубежом широко применяется градусная мера измерения углов.

При геодезических работах измеряют не углы между сторонами на местности, а их ортогональные (горизонтальные) проекции, называемые горизонтальными углами.

Журнал измерения горизонтальных углов способом приемов

Номер станции	Круг	Номер точки наблюдения	Отсчет по горизонтальному кругу	Горизонтальный круг		Схема измеряемого угла
				измерен.	средн.	
В	КЛ	А	224°15'	47°05'	47°05,5'	
		С	177°10'			
	КП	А	47°05'	47°06'		
		С	359°59'			

Измерение вертикальных углов

Измерение углов наклона ν производится при помощи вертикального круга после приведения теодолита в рабочее положение. Наведение на визирную цель выполняют средним горизонтальным штрихом сетки зрительной трубы, при этом следят, чтобы пузырек цилиндрического уровня находился в нуль-пункте.

Чтобы получить ν (рис. 2.2), необходимо определить место нуля ($МО$) вертикального круга ($ВК$) – отсчет по $ВК$, когда визирная ось зрительной трубы горизонтальна, а пузырек цилиндрического уровня находится на середине, – необходимо навести среднюю нить на четко видимую точку и снять отсчеты $П$ и $Л$ по вертикальному кругу, соответственно, при $КП$ и $КЛ$.

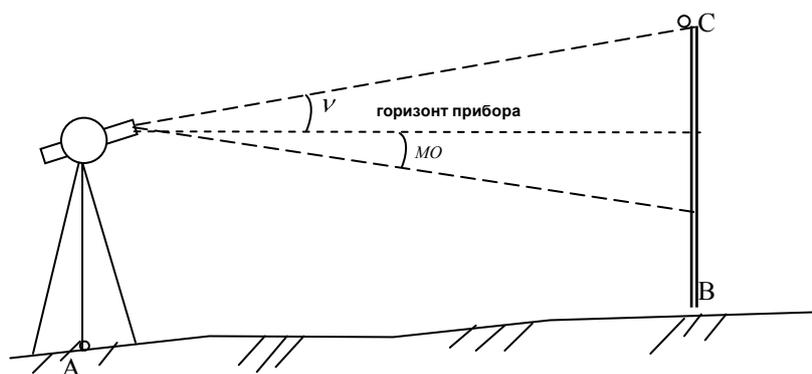


Рис. 2.2. Измерение вертикального угла.

В нашем примере:

– рассчитываем место нуля $МО$ для теодолита 2Т30 по формуле:

$$МО = \frac{КЛ + КП}{2} = \frac{(-2^{\circ}04') + (2^{\circ}02')}{2} = -0^{\circ}01'$$

– рассчитываем угол наклона ν для теодолита 2Т30 по формуле:

$$\nu = \frac{КЛ - КП}{2} = \frac{(-2^{\circ}04') - (+2^{\circ}02')}{2} = -2^{\circ}03'$$

При измерениях вертикальных углов величина МО не должна превышать двойной точности отсчетного устройства. На заводе при сборке теодолитов величину МО устанавливают близкой 0° 00' при этом стремятся чтобы визирная ось совпадала с оптической. Поэтому изменять величину МО больше чем на 2' не рекомендуется, так как отклонение визирной оси от оптической будет значительным при перефокусировке трубы.

Таблица 2.1

Журнал измерения углов и длин линий (начало, окончание на с. 9)

Номер точки стояния	Номер точки визирования	При круге	Отсчеты по лимбу ГК	Горизонтальные углы	
				из полу-приемов	средний
1	2	3	4	5	6
пз24	1	КП	56°29'	180°11'	180°11,5'
	пз23		236°18'		
β_0	1	КЛ	6°50'	180°12'	
	пз23		186°38'		
пз24	пз23	КП	205°31'	86°12'	86°13,0'
	5		119°19'		
β_6	пз23	КЛ	29°46'	86°14'	
	5		303°32'		
1	2	КП	52°22'	206°52'	206°51,5'
	пз24		205°30'		
β_1	2	КЛ	43°11'	206°51'	
	пз24		196°20'		
2	3	КП	354°49'		
	1		107°15'		
β_2	3	КЛ	48°42'		
	1		161°08'		
3	4	КП	222°24'		
	2		338°16'		
β_3	4	КЛ	67°06'		
	2		182°57'		
4	5	КП	47°18'		
	3		205°18'		
β_4	5	КЛ	293°27'		
	3		91°28'		
5	пз24	КП	334°42'		
	4		61°38'		
β_5	пз24	КЛ	137°22'		
	4		224°19'		

Журнал измерения углов и длин линий (окончание, начало на с. 8)

Длины линий $l_{пр}, l_{обр}$ $S = l \cdot \cos v$	При крене	Отсчеты по лимбу ВК	Место нуля $\frac{КП + КЛ}{2}$	Угол наклона $v = MO - КП$ $v = \frac{КЛ - КП}{2}$	Высота вехи, v	Превышения	
						$h = S \cdot \operatorname{tg} v$	$h = h' + i - v$
7	8	9	10	11	12	13	14
$l_{нз24-1} = 135,16$	КЛ	$-2^{\circ}04'$					
$l_{1-нз24} = 135,10$							
$l_{ср} = 135,13$ м	КЛ	$+2^{\circ}02'$	$-0^{\circ}01'$	$+2^{\circ}03'$	$v = i$	+4,83	+4,83
$S = 135,04$ м							
	КЛ						
			$+0^{\circ}39'$				
$l_{ср} =$	КЛ						
$S =$			$-0^{\circ}37'$	$+0^{\circ}01'$	$-0^{\circ}38'$	$v = i$	+2,94
$l_{1-2} = 142,89$	КЛ	$-1^{\circ}22'$					
$l_{2-1} = 142,81$			$+2^{\circ}03'$				
$l_{ср} = 142,85$	КЛ	$+1^{\circ}21'$	$-0^{\circ}00,5'$	$+1^{\circ}21,5'$	$v = i$	+3,39	+3,39
$S = 142,81$			$-2^{\circ}02'$	$+0^{\circ}00,5'$	$-2^{\circ}02,5'$	$v = i$	-4,81
$l_{2-3} = 156,63$	КЛ	$-3^{\circ}10'$					
$l_{3-2} = 156,69$			$+1^{\circ}21'$				
$l_{ср} =$	КЛ	$+3^{\circ}08'$			$v = i$		
$S =$			$-1^{\circ}23'$			$v = i$	
$l_{3-4} = 125,88$	КЛ	$+2^{\circ}04'$					
$l_{4-3} = 125,92$			$+3^{\circ}09'$				
$l_{ср} =$	КЛ	$-2^{\circ}02'$			$v = i$		
$S =$			$-3^{\circ}11'$			$v = i$	
$l_{4-5} = 150,75$	КЛ	$+5^{\circ}46'$					
$l_{5-4} = 150,73$			$-2^{\circ}03'$				
	КЛ	$-5^{\circ}48'$			$v = i$		
			$+2^{\circ}04'$			$v = i$	
$l_{5-нз24} = 265,77$	КЛ	$-0^{\circ}37'$					
$l_{нз24-5} = 265,71$			$-5^{\circ}45'$				
$l_{ср} =$	КЛ	$+0^{\circ}40'$			$v = i$		
$S =$			$+5^{\circ}49'$			$v = i$	

Задание № 1.

1. Зарисуйте схему осей теодолита и напишите названия и определения этих осей.
2. Проведите поверки и юстировки теодолита и опишите порядок действий при их выполнении.
3. Опишите последовательность действий при выполнении поверки оптического центра и компенсатора вертикального круга.

Задание № 2. Обработайте выданный преподавателем журнал измерений горизонтальных углов способом приемов.

Задание № 3. Определить превышения между точками в журнале измерения углов и длин линий.

Пояснения к заданиям. Отсчеты записывают в вышеуказанной последовательности в журнал, выданный преподавателем; описание поверок и юстировок должно быть кратким, сопровождаться необходимыми схематическими рисунками и записями полученных результатов.

ОБРАБОТКА УГЛОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ В ЗАМКНУТОМ ПОЛИГОНЕ. ВЫЧИСЛЕНИЕ ДИРЕКЦИОННЫХ УГЛОВ И РУМБОВ СТОРОН ЗАМКНУТОГО ПОЛИГОНА

Цель задания: освоить методику обработки угловых измерений в замкнутом полигоне (усвоить методику уравнивания горизонтальных углов; усвоить методику вычисления дирекционных углов).

Приборы и принадлежности: микрокалькулятор с тригонометрическими функциями, ведомость вычислений координат точек теодолитного хода и рабочая тетрадь.

Уравнивание горизонтальных углов

Уравнять (увязать) означает выполнить четыре действия:

1. Найти невязку

$$f_{\beta} = \sum \beta_{\text{практ}} - \sum \beta_{\text{теорет}};$$

где $\sum \beta_{\text{практ}}$ – практическая сумма измеренных углов,
 $\sum \beta_{\text{теорет}}$ – теоретическое значение горизонтальных углов.

Для замкнутого теодолитного хода

$$\sum \beta_{\text{теор}} = 180^{\circ} (n - 2);$$

2. Оценить полученную невязку, т. е. сравнить с допустимым в соответствии с требованиями нормативных документов значением

$$f_{\beta} < f_{\beta \text{доп}} = 2t\sqrt{n},$$

где n – число измеренных углов;

3. Распределить невязку с обратным знаком пропорционально числу измеренных углов с округлениями до 0,1. В углы с более короткими сторонами вводятся большие по величине поправки, так как они измеряются менее точно;

4. Выполнить контроль:

а) сумма поправок должна равняться невязке с обратным знаком;

б) сумма исправленных углов равна теоретической сумме углов.

Вычисление дирекционных углов

Пусть имеем две стороны хода АВ и ВС (рис. 3.1). Дирекционный угол стороны АВ будем считать известным. Если обозначить через β правый по ходу горизонтальный угол, то $\alpha_{BC} = \alpha_{AB} + 180^{\circ} - \beta$.

Дирекционный угол последующего направления равен дирекционному углу предыдущего направления плюс 180 и минус горизонтальный угол справа по ходу.

На основании зависимости между прямыми и обратными дирекционными углами можем написать:

$$\alpha_1 + \beta_1 = \alpha_0 + 180^{\circ};$$

из данного выражения следует, что

$$\alpha_1 = \alpha_0 + 180^{\circ} - \beta_1. \quad (1)$$

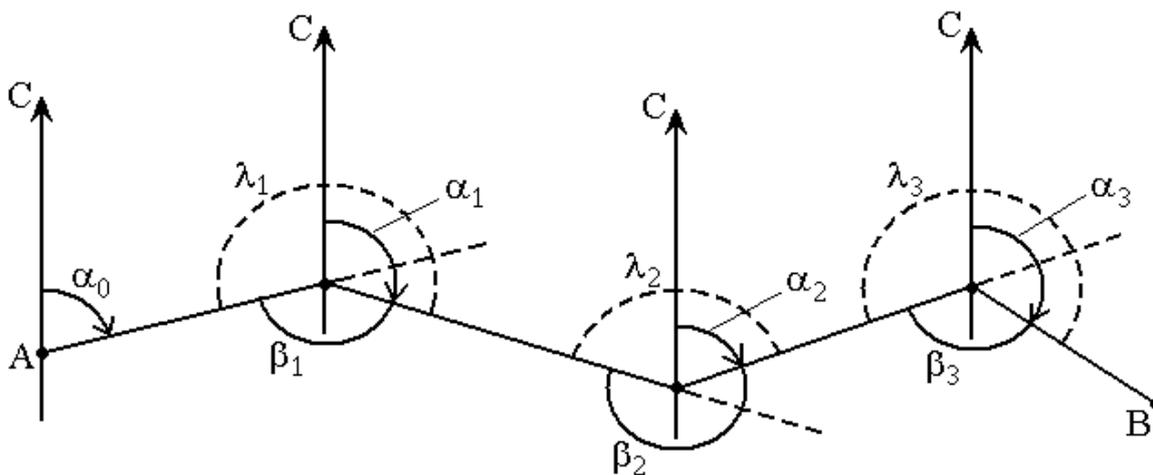


Рис. 3.1. Зависимость между дирекционными углами сторон хода.

Аналогично вычисляются дирекционные углы последующих сторон теодолитного хода:

$$\alpha_2 + \beta_2 = \alpha_1 + 180^\circ \rightarrow \alpha_2 = \alpha_1 + 180^\circ - \beta_2 \quad (2)$$

$$\alpha_3 + \beta_3 = \alpha_2 + 180^\circ \rightarrow \alpha_3 = \alpha_2 + 180^\circ - \beta_3 \quad (3)$$

$$\dots\dots\dots$$

$$\alpha_n + \beta_n = \alpha_{n-1} + 180^\circ \rightarrow \alpha_n = \alpha_{n-1} + 180^\circ - \beta_n \quad (n)$$

То есть, дирекционный угол последующей стороны равен дирекционному углу предыдущей стороны плюс 180° и минус угол, лежащий справа по ходу.

Для получения контрольной формулы в выражение (2) подставим значение α_1 , из выражения (1)

Задание № 1. Обработать угловые измерения в замкнутом полигоне.

Задание № 2. Вычислить дирекционные углы и румбы сторон замкнутого полигона (значение исходного дирекционного угла выдается преподавателем).

Пояснения к заданиям. Расчеты записывают в вышеуказанной последовательности в ведомость вычисления координат и высот пунктов теодолитно-высотного хода, выданную преподавателем.

ОБРАБОТКА ЛИНЕЙНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ПО ЗАМКНУТОМУ ПОЛИГОНУ. ВЫЧИСЛЕНИЕ И УВЯЗКА ПРИРАЩЕНИЙ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ КООРДИНАТ

Цели: усвоить методику обработки линейных измерений по замкнутому полигону; выполнить вычисления и увязки приращений прямоугольных координат.

Пособия и принадлежности: журнал измерения углов и длин линий.

При создании планов местности вычисляют горизонтальную проекцию каждой линии, т. е. ее горизонтальное проложение S .

Если линия AB (рис. 4.1) наклонена к горизонту под углом ν , то определить горизонтальное проложение можно, воспользовавшись формулой:

$$S = D \cdot \cos \nu,$$

где D – длина измеренной наклонной линии AB ;
 ν – угол наклона.

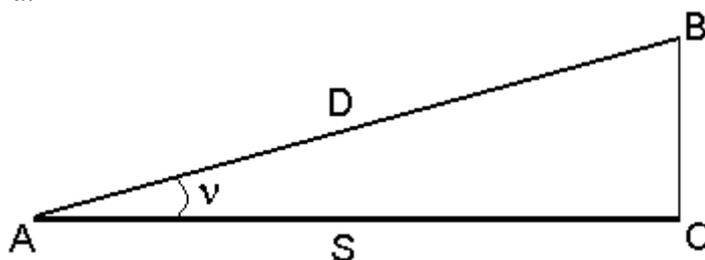


Рис. 4.1. Горизонтальная проекция линии.

Иногда для определения горизонтального проложения используют поправку за наклон:

$$\Delta \nu = D - S = D - D \cos \nu = D(1 - \cos \nu) = 2D \sin^2 \nu / 2,$$

тогда

$$S = D - \Delta \nu.$$

Поправку за наклон вводят при углах наклона более 1° . Углы наклона измеряют теодолитом.

Уравнивание (увязка) приращений координат теодолитного хода

Приращения координат являются проекциями горизонтальных расстояний сторон теодолитного хода на оси координат. В замкнутом полигоне сумма приращений координат на любую ось должна быть равна нулю, т. е.

$$\sum \Delta X = 0; \quad \sum \Delta Y = 0.$$

В связи с погрешностями, возникающими в измеренных углах и расстояниях, происходят отклонения этих сумм от нуля, которые называются невязками в приращениях координат f_x и f_y :

$$f_x = \sum \Delta X; \quad f_y = \sum \Delta Y.$$

Замкнутый полигон разомкнут на величину ПЗ23–ПЗ24 (рис. 4.2), называемую абсолютной линейной невязкой f_{abc} теодолитного хода.

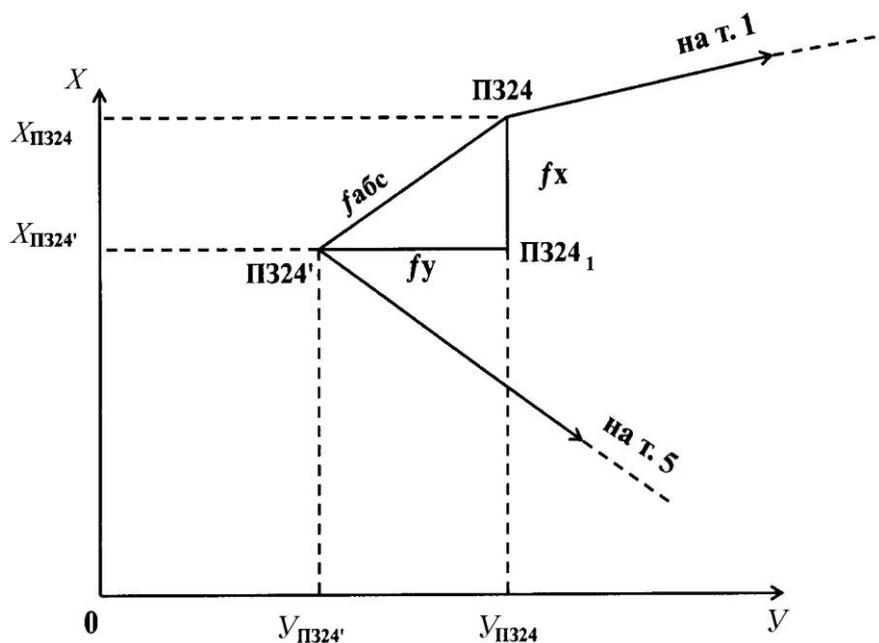


Рис. 4.2. Схема уравнивания приращений координат.

Из прямоугольного треугольника П324 – П324' – П324₁ абсолютная невязка:

$$f_{abc} = \mp \sqrt{f_x^2 + f_y^2}.$$

Абсолютная невязка относится ко всему периметру полигона. За критерий оценки точности принимают относительную невязку точности $f_{отн}$:

$$f_{отн} = \frac{f_{abc}}{P} = \frac{1}{P \div f_{abc}},$$

где P – периметр полигона.

Допустимые невязки устанавливаются в зависимости от масштаба съемки и специальных требований. В нашем случае допустимая относительная невязка принимается $\frac{1}{2000}$:

$$f_{отн} \leq \frac{1}{2000},$$

тогда

$$f_{отн} \leq \frac{1}{P \div f_{abc}} \leq \frac{1}{2000}.$$

Если невязка допустима, то проводят уравнивание приращений координат отдельно по оси X и по оси Y .

Поправки v_{xi} и v_{yi} распределяют на все вычисленные приращения пропорционально длинам сторон и вводят в приращения со знаком, обратным знаку невязки.

$$v_{xi} = -\frac{f_x}{p} \cdot d_i;$$

$$v_{yi} = -\frac{f_y}{p} \cdot d_i.$$

Теоретически строго поправки v_{xi} и v_{yi} дифференцируют относительно измеренных длин сторон. Вычисленные поправки записывают в таблицу над вычисленными ΔX и ΔY .

Для контроля вычисляют суммы поправок $\sum_1^n v_{xi}$ и $\sum_1^n v_{yi}$, которые соответственно должны равняться невязкам f_x и f_y с обратным знаком.

Определение исправленных приращений координат

$$\Delta x_{исп} = \Delta x_{i_{выч}} + v_x;$$

$$\Delta y_{исп} = \Delta y_{i_{выч}} + v_y.$$

Вычисленные приращения координат, найденные как алгебраическая сумма вычисленных приращений и поправок, записывают в соответствующие графы ведомости координат.

Для контроля находят алгебраические суммы исправленных приращений по оси X и Y , которые должны быть равны 0, т. е.:

$$\sum_1^n \Delta x_{i_{исп}} = 0, \quad \sum_1^n \Delta y_{i_{исп}} = 0.$$

Задание № 1. Вычислить горизонтальное проложение отрезка по данным, предложенным преподавателем.

Задание № 2. Уравнять (увязать) приращения координат теодолитного хода.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КООРДИНАТ И ВЫСОТ ВЕРШИН ОПОРНОГО ПОЛИГОНА. ПОСТРОЕНИЕ ПОЛИГОНА ПО КООРДИНАТАМ ВЕРШИН

Цели: усвоить методику определения координат и высот вершин опорного полигона, изучить методику и освоить построение плана топографической съемки в масштабе 1 : 1 000.

Приборы и принадлежности: ведомость вычислений координат и высот точек теодолитного хода; «Условные знаки для топографических планов масштабов 1 : 5 000, 1 : 2 000, 1 : 1 000, 1 : 500»; лист бумаги (ватмана) формата А3; линейка Дробышева (ЛД-1) или линейка 30 см; масштабная линейка; транспортир; готовальня; карандаши твердости 3Т или 4Т; тушь черная, коричневая и зеленая.

Вычисление координат вершин опорного полигона

Прямоугольные координаты вершин хода вычисляют последовательным сложением координат предыдущих вершин с соответствующими исправленными приращениями:

$$x_n = X_{n-1} - X_{i_{исп}};$$

$$y_n = Y_{n-1} - Y_{i_{исп}},$$

где x_n, y_n – координаты последующей точки хода;
 $X_{n-1}; Y_{n-1}$ – координаты предыдущей точки хода;
 $X_{i_{исп}}; Y_{i_{исп}}$ – исправленные приращения координат, взятые со своими знаками.

Контролем правильности вычислений координат является получение координат исходной точки ПЗ24, от которой начинали вычисления.

Уравнивание превышений пунктов теодолитного хода

В замкнутом теодолитном ходе теоретическая сумма превышений должна равняться нулю. Вследствие погрешностей в измеренных углах наклона и расстояниях происходит отклонение этих сумм от нуля, которое называется невязкой, т. е.:

$$f_{h_{cp}} = \sum_1^n h_{cp} - \sum h_{теор},$$

где $\sum h_{теор} = 0$.

Теоретическую сумму средних превышений нужно сравнить с допустимым значением невязки. Допустимое значение невязки рассчитывается по формуле:

$$f_{h_{дон}} = \mp 0,04 \text{ м} \cdot d_{cp} \sqrt{n}; \quad d_{cp} = \frac{P}{n} \text{ (сот. м)},$$

где n – число сторон полигона.

Затем, если невязка меньше допустимой, проводим уравнивание превышений и определяем поправку в превышениях:

$$v_h = -\frac{f_h}{n},$$

где n – количество превышений.

Рассчитываем исправленные превышения как сумму вычисленных превышений и поправок в превышениях:

$$h_{исп} = h_{выч} + v_h.$$

Для контроля находим сумму исправленных превышений:

$$\sum_1^n h_i = 0.$$

Вычисление высот пунктов теодолитного хода

Высоты пунктов теодолитного хода вычисляют последовательно от начальной до конечной исходной точки по исправленным превышениям:

$$H_n = H_{n-1} + (\mp h_{исп}),$$

где H_n – высота последней точки теодолитного хода,
 H_{n-1} – высота предыдущей точки теодолитного хода.

С целью контроля правильности вычисления высот теодолитного хода необходимо в конце получить высоту исходного пункта. Для этого необходимо к высоте последующей точки прибавить исправленное превышение между точками, в результате чего будет получена высота исходного пункта.

Построение полигона по координатам вершин

Построение полигона по координатам вершин включает следующие вопросы:

1. Построение координатной сетки (сетки квадратов);
2. Нанесение вершин полигона (станций) по координатам;
3. Нанесение на план ситуации по абрису.

Построение координатной сетки (сетки квадратов)

Координатная сетка наносится на лист ватманской бумаги размером 85×60 см линейкой Дробышева (рис. 5.1). Исходными данными для построения являются координаты вершин полигона (станций). Из ведомости координат выписывают абсциссы «X» северной, имеющей наибольшее значение, и южной, имеющей наименьшее значение, точек, а также ординаты – «Y» восточной (наибольшее значение) и западной (наименьшее значение) точек и находят их разность.

Координатная сетка строится при помощи линейки Дробышева или при помощи штангенциркуля и масштабной линейки с последующей проверкой. При построении сетки размером 3×4 используют свойство египетского треугольника, катеты и гипотенуза которого относятся к друг другу как $3 : 4 : 5$. Для построения отступают от нижнего края бумаги 6–7 см, проводят остро отточенным карандашом линию по боковому скошенному ребру линейки и укладывают ее на полученную линию. Отклонение сторон квадратов от 10 см и неравенство диагоналей квадратов сетки не должно превышать 0,2 мм.

Следует помнить, что ось X располагается на чертеже снизу вверх (по направлению юг – север), а ось Y – слева направо (запад – восток).

Число квадратов сетки рассчитывают исходя из полученных координат точек теодолитно-высотного хода.

Построение теодолитного хода осуществляется по координатам его вершин. Чтобы участок съемки располагался в середине листа бумаги, необходимо соответствующим образом подписать координатную сетку.

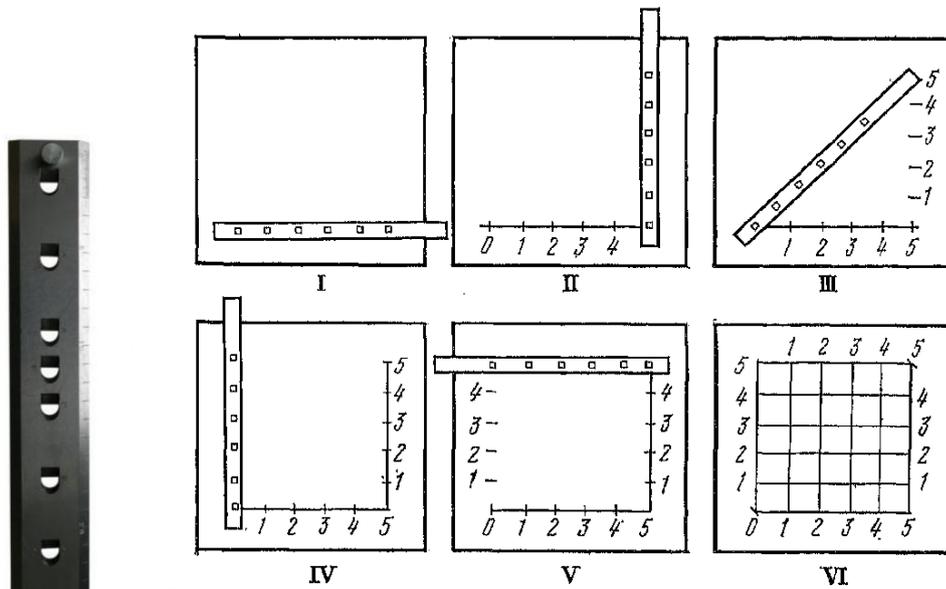


Рис. 5.1. Схема построения рамки и сетки квадратов.

Нанесение вершин полигона (станций) по координатам

Пример. Самая северная (имеющая наибольшее значение X) вершина теодолитно-высотного хода – точка 3 ($X_3 = 1\,591$ м), а самая нижняя вершина – точка 1 ($X_1 = 1\,234$ м).

Разность координат двух точек равна $1\,591 - 1\,234 = 357$ м.

В масштабе $1 : 1\,000$ стороне квадрата в 10 см на местности соответствует расстояние в 100 м.

Следовательно, по оси X нужно построить $357 / 100 = 3,6$ квадрата или ≈ 4 квадрата.

Число квадратов по оси Y – $(1065 - 738) / 100 = 3,3$ квадрата или ≈ 3 квадрата.

Построенную сетку подписывают.

Вершины съемочного обоснования по координатам наносят следующим образом.

Вначале определяется квадрат, в котором находится вершина, например, точка 1 с координатами $X_1 = 1\,234,15$ м и $Y_1 = 854,03$ м находится в квадрате между горизонтальными линиями 1200 и 1300 и вертикальными линиями 800 и 900. На боковых сторонах этого квадрата в масштабе построения откладывают разность абсцисс данной точки и ближайшей горизонтальной линии сетки с младшей подписью. Например, для вершины 1 надо отложить в масштабе $1\,234,15 - 1\,200 = 34,15$ м. Полученные точки на боковых сторонах квадрата соединяют горизонтальной прямой и на ней откладывают разность ординат данной вершины и ближайшей вертикальной линии с младшей подписью. Эта разность для вершины 1 равна $854,03 - 800 = 54,03$ м. Полученную точку обводят кружком диаметром 1,5 мм, слева от точки подписывают номер вершины.

Правильность нанесения вершин проверяют по длине горизонтального проложения между ними. Расхождение допускается не более двойной предельной точности масштаба построения.

Нанесение на план ситуации по абрису

Накладку ситуации – контуров и местных предметов – производят по данным абриса, пользуясь для определения размеров отрезка масштабной линейкой и транспортиром для построения углов.

Съемка ситуации – геодезические измерения на местности для последующего нанесения на план ситуации (контуров и предметов местности). Выбор способа съемки зависит от характера и вида снимаемого объекта, рельефа местности и масштаба, в котором должен быть составлен план.

Способы съемки ситуации (рис. 5.3): 1) перпендикуляров; 2) полярный; 3) угловых засечек; 4) линейных засечек; 5) створов.

Горизонтальные углы

β_1	$52^{\circ}00'$	β_6	$54^{\circ}15'$	β_{11}	$28^{\circ}45'$
β_2	$34^{\circ}15'$	β_7	$27^{\circ}30'$	β_{12}	$42^{\circ}00'$
β_3	$45^{\circ}15'$	β_8	$80^{\circ}00'$	β_{13}	$25^{\circ}30'$
β_4	$55^{\circ}00'$	β_9	$101^{\circ}45'$	β_{14}	$63^{\circ}19'$
β_5	$38^{\circ}15'$	β_{10}	$46^{\circ}45'$		

Задание № 1. Определить координаты и высоты пунктов теодолитно-высотного хода.

Задание № 2. Построить полигон по координатам вершин.

Задание № 3. Нанести на план ситуацию по абрису.

НИВЕЛИР. УСТРОЙСТВО И РАБОТА

Цели: изучить последовательность приведения прибора в рабочее положение, основные поверки и юстировки нивелира Н-3; называть и показывать на приборе основные его части, необходимые для приведения нивелира Н-3 в рабочее положение; приводить прибор в рабочее положение, выполнять техническое нивелирование (наблюдения, заполнение журнала нивелирования и его обработка).

Приборы и принадлежности: нивелир Н-3 и рейки РН-3 .

Теоретические положения

Нивелир – геодезический прибор, предназначенный для определения разности высот двух точек местности (превышений) посредством горизонтального визирного луча.

По точности (согласно ГОСТ 10528-76 «Нивелиры. Общие технические условия») оптические нивелиры делятся на три группы: высокоточные – Н-0,5, точные – Н-3 и технические – Н-10.

По способу приведения визирного луча в горизонтальное положение различают нивелиры с уровнем и с компенсатором.

По конструктивным особенностям нивелиры выпускают с лимбом для измерения горизонтальных углов и без него. Шифр, обозначающий тип прибора, состоит из буквы Н – нивелир и стоящих перед ней и после нее цифр и букв. Цифра перед буквой Н обозначает номер модели, цифры после нее обозначают среднюю квадратическую ошибку измерения превышения на 1 км двойного нивелирного хода в миллиметрах, а буквы, стоящие после цифр указывают на наличие компенсатора и лимба; у лазерных нивелиров ставится буква Л. Буква К в названии обозначает компенсатор. Например, шифр нивелира 3Н2КЛ означает – третья модель нивелира точности 2 мм на 1 км двойного хода с компенсатором и лимбом; шифр Н-0,5 означает нивелир с уровнем точности 0,5 мм на 1 км хода.

В зависимости от того, каким способом визирный луч устанавливается в горизонтальное положение, нивелиры изготавливают в двух исполнениях:

– с цилиндрическим уровнем при зрительной трубе, с помощью которого осуществляется горизонтирование визирного луча (рис. 6.1);

– с компенсатором – свободно подвешенная оптико-механическая система, которая приводит визирный луч в горизонтальное положение.

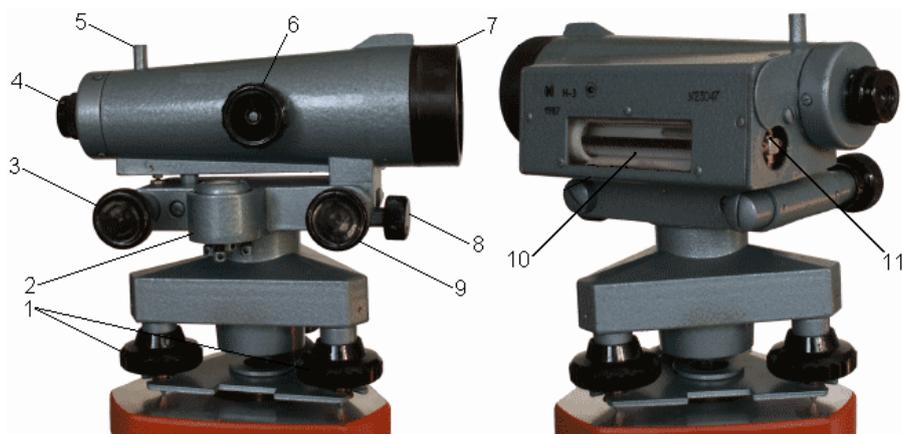


Рис. 6.1. Точный нивелир Н-3 с цилиндрическим уровнем при зрительной трубе:

- 1 – подъемные винты; 2 – круглый уровень; 3 – элевационный винт; 4 – окуляр зрительной трубы с диоптрийным кольцом; 5 – визир; 6 – кремальера; 7 – объектив зрительной трубы; 8 – закрепительный винт; 9 – наводящий винт; 10 – контактный цилиндрический уровень; 11 – юстировочные винты цилиндрического уровня.

Нивелирные рейки

Нивелирные рейки для нивелирования III–IV класса и технического изготавливают из деревянных брусков двутаврового сечения шириной 8–10 и толщиной 2–3 см.

Рейка РН-3 (рис. 6.2) имеет длину 3 м. Деления нанесены через 1 см. Нижняя часть рейки заключена в металлическую оковку и называется пяткой. Основная шкала имеет деления черного и белого цвета, ноль совмещен с пяткой рейки. Дополнительная шкала на другой стороне рейки имеет чередующиеся красные и белые деления. С пяткой рейки совмещен отсчет больше 4 000 мм. Часто встречаются комплекты реек, у которых с пятками красных сторон совпадают отсчеты 4 687 и 4 787 мм. Поэтому превышения, измеренные по красным сторонам реек, будут больше или меньше на 100 мм измеренных по черным сторонам реек.

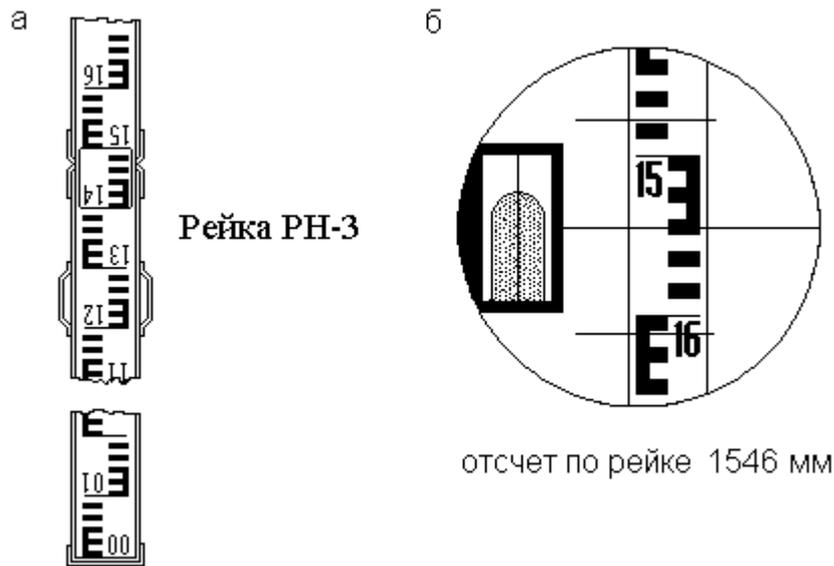


Рис. 6.2. Нивелирная рейка (а) и поле зрения зрительной трубы нивелира с цилиндрическим уровнем (б).

Задание № 1. Дать описание частей нивелира Н-3.

Задание № 2. Произвести отсчеты по нивелирной рейке по среднему и дальномерным штрихам.

Пояснения к заданиям. На бланке задания перечисляют основные части прибора и основные оси нивелира. Нужно знать назначение этих частей. Кроме того, отвечая на задание № 1, необходимо сформулировать главные геометрические условия нивелиров с цилиндрическим уровнем и с компенсатором. Необходимо знать, как перемещается визирная ось при вращении элевационного и наводящего винтов. Нужно научиться приводить нивелир в рабочее положение. С помощью подъемных винтов приводят пузырек круглого уровня в нуль-пункт. Вращая окуляр, добиваются четкого изображения штрихов сетки, наводят зрительную трубу на рейку и, вращая винт фокусировки, добиваются резкого изображения предмета. Далее, вращая элевационный винт (для нивелиров с цилиндрическим уровнем), добиваются совмещения изображения концов пузырька цилиндрического уровня и берут отсчеты по рейке с точностью до мм.

**ПОСТРОЕНИЕ И ОФОРМЛЕНИЕ ПЛАНА СЪЕМКИ.
ОБРАБОТКА ЖУРНАЛА ТАХЕОМЕТРИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ**

Цель: изучить методику обработки журнала тахеометрической съемки.

Пособия и принадлежности: «Условные знаки для топографических планов масштабов 1 : 5 000, 1 : 1 000», ведомости вычислений координат и высот точек теодолитного хода, лист бумаги А3, линейка Дробышева (ЛД-1), транспортир, готовальня, карандаши твердости 3Т или 4Т, тушь, черная, коричневая и зеленая.

Построение и оформление плана съемки включает в себя следующие работы:

1. Вычисление отметок речных точек.

Номер точки наблюдения	Отсчеты по ГК	Расстояние $l = K \cdot n$, м	Отсчеты по ВК		Место нуля $MO = (KP + KL) / 2$	Углы наклона $v = MO - KP$ $v = KP - MO$	Горизонтальное положение $S = l \cdot \cos^2 v$	Превышение $h' = 0,5l \cdot \sin^2 v$	Отметка пикета $H_{пк} = H_{ст} + h' + i - v$	Примечание (описание пикета)
			КП	КЛ						
Станция № III										
$i = 1,46$		$v = 1,46$	$\alpha_{III-IV} = 307^\circ 07,2$				$H_{см,III} = 165,02$			
IV	0°									
1	$24^\circ 30'$	94,4	$+1^\circ 40'$	$-1^\circ 40'$	$-1^\circ 40'$	$-1^\circ 42'$	94,4		162,22	
2	$30^\circ 50'$	106,0		$-0^\circ 32'$		$-0^\circ 30'$	106,0		164,10	луг
3	$43^\circ 10'$	91,4		$-1^\circ 29'$		$-1^\circ 27'$	91,4		162,71	кустарник
4	$44^\circ 50'$	56,0		$-4^\circ 55'$		$-4^\circ 53'$	56,0		160,27	ручей, кустарник
5	$54^\circ 05'$	30,8		$-5^\circ 16'$		$-5^\circ 14'$	30,8		162,22	кустарник
6	$54^\circ 30'$	116,6		$-1^\circ 16'$		$-1^\circ 14'$	116,6		162,51	угол сада, луг
7	$79^\circ 50'$	117,4		$-1^\circ 48'$		$-1^\circ 46'$	117,4		161,40	кустарник
8	$90^\circ 25'$	72,0		$-2^\circ 28'$		$-2^\circ 26'$	72,0		161,97	кустарник
9	$115^\circ 20'$	21,3		$-1^\circ 28'$		$-1^\circ 26'$	21,3		164,49	
10	$132^\circ 10'$	57,5	$+3^\circ 23'$	$-3^\circ 25'$		$-3^\circ 23'$	57,5		161,63	
11	$206^\circ 05'$	58,4		$-3^\circ 38'$		$-3^\circ 36'$	58,4		161,36	
12	$266^\circ 30'$	85,5		$-2^\circ 41'$		$-2^\circ 39'$	85,5		161,07	луг, тропа
13	$298^\circ 15'$	79,8		$-2^\circ 46'$		$-2^\circ 44'$	79,8		161,22	луг, тропа
14	$302^\circ 45'$	136,8		$-3^\circ 08'$		$-3^\circ 06'$	136,8		157,63	ручей, урез воды
15	$310^\circ 00'$	110,3		$-3^\circ 31'$		$-3^\circ 29'$	110,3		158,33	устье ручья
16	$312^\circ 30'$	40,3		$-2^\circ 47'$		$-2^\circ 45'$	40,3		163,09	
17	$334^\circ 45'$	91,2		$-3^\circ 54'$		$-3^\circ 52'$	91,2		158,87	мост, ручей, тропа
18	$342^\circ 30'$	106,6		$-2^\circ 22'$		$-2^\circ 20'$	106,6		160,68	
19	$356^\circ 10'$	75,9		$-4^\circ 21'$		$-4^\circ 19'$	75,9		159,32	ручей
20	$359^\circ 10'$	107,5		$-2^\circ 29'$		$-2^\circ 27'$	107,5		160,43	луг
IV	$0^\circ 01'$									

2. Построение плана тахеометрической съемки.

Задание выполняют на составленном плане теодолитной съемки в масштабе 1 : 1 000.

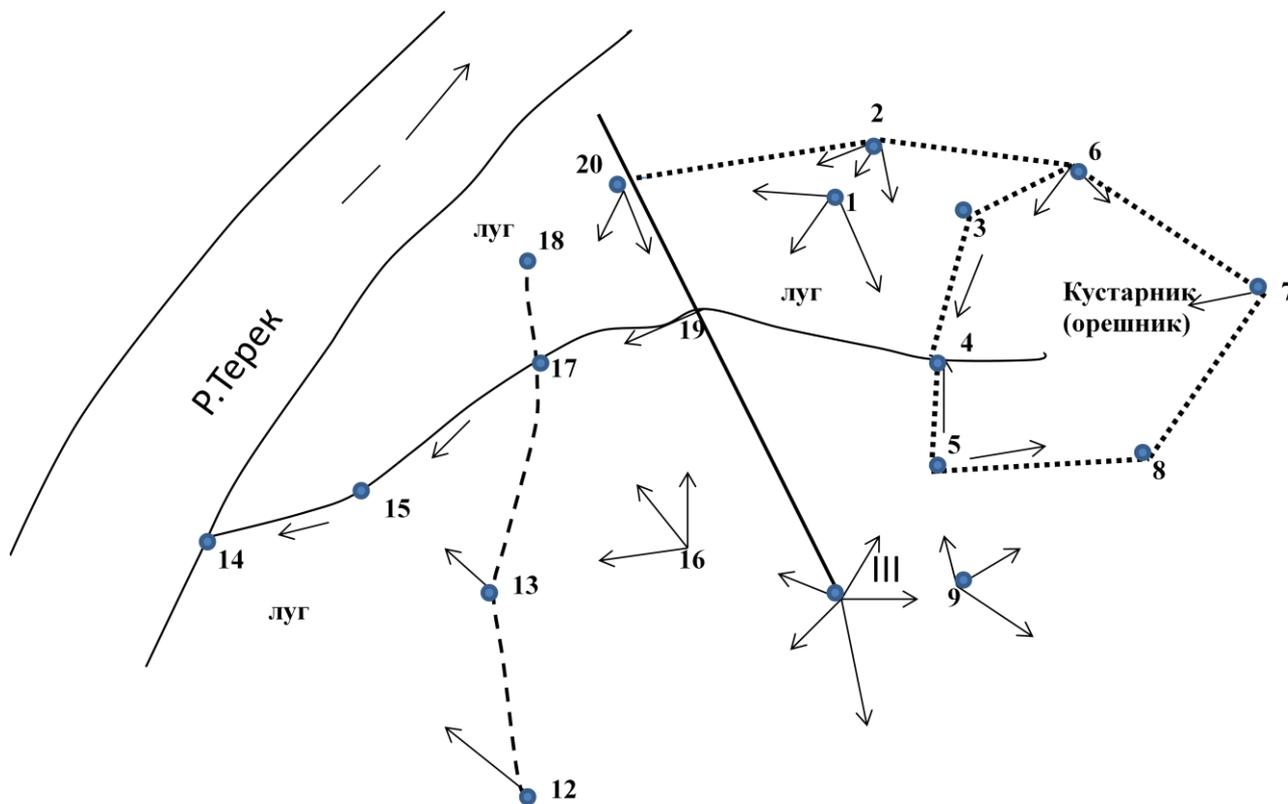


Рис. 7.1. Абрис тахеометрической съемки.

Станция III – точка съемочного обоснования, с которой проводили тахеометрическую съемку. Нуль лимба горизонтального круга ориентирован на станцию IV теодолитного хода. Транспортир прикладывают к точке III так, чтобы деление 0° – 180° совместилось с линией III–IV, и от нее по ходу часовой стрелки откладывают горизонтальные углы, соответствующие значениям отсчетов по ГК.

На полученных направлениях с помощью циркуля-измерителя и масштабной линейки откладывают в масштабе плана 1 : 1 000 соответствующие горизонтальные проложения. Отмечают точку и справа от нее ставят номер точки и отметку пикета.

Нанеся и проверив положение всех пикетных точек, приступают к построению ситуации, используя абрис тахеометрической съемки.

Задание № 1. Обработка журнала тахеометрической съемки

Задание № 2. Построить ситуацию, используя абрис тахеометрической съемки.

**ПОСТРОЕНИЕ И ОФОРМЛЕНИЕ ПЛАНА СЪЕМКИ.
НАНЕСЕНИЕ НА ПЛАН РЕЕЧНЫХ ТОЧЕК И СИТУАЦИИ ПО АБРИСУ.
НАНЕСЕНИЕ НА ПЛАН ГОРИЗОНТАЛЕЙ**

Цели: изучить методику и освоить построение горизонталей на плане топографической съемки в масштабе 1 : 1 000.

Пособия и принадлежности: «Условные знаки для топографических планов масштабов 1 : 5 000, 1 : 1 000», лист бумаги А3, линейка Дробышева (ЛД-1), транспортир, готовальня, карандаши твердости 3Т или 4Т, тушь – черная, коричневая и зеленая.

Нанесение на план горизонталей

Для построения ситуации, сообразуясь с зарисовками на абрисе тахеометрической съемки по соответствующим речным точкам, на плане проводят контуры угодий и предметов местности. Отдельные строения наносят на план с использованием результатов их обмера. Рельеф местности при тахеометрической съемке отображают горизонталями. Для этого по линиям равномерных скатов, обозначенных на абрисе стрелками, выполняют интерполяцию, т. е. получают промежуточные значения по известным значениям крайних точек.

Для определения местоположения точек с отметками применяют графический способ интерполирования. В данном способе на листе прозрачной бумаги (кальки) проводят через равные расстояния параллельные линии и подписывают их отметками горизонталей. Такой лист называют палеткой. Соединяя точки с одинаковыми отметками линиями, скругленными в перегибах, получают горизонтали.

Задание. Построение ситуации и проведение горизонталей.

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПО ПЛАНУ

Цель: освоить решение задач по плану.

Пособия и принадлежности: топографические планы масштабов 1 : 5 000, 1 : 1 000.

Определение высоты точки, расположенной между горизонталями

Требуется определить высоту H_c точки C , расположенной между горизонталями с высотами H_1 и H_2 . Через точку C проводят прямую, перпендикулярную горизонталям, и по поперечному масштабу измеряют отрезки a и d . Высоту H_c находят по формуле:

$$H_c = H_1 + \Delta h,$$

где $\Delta h = (a / d)(H_2 - H_1)$.

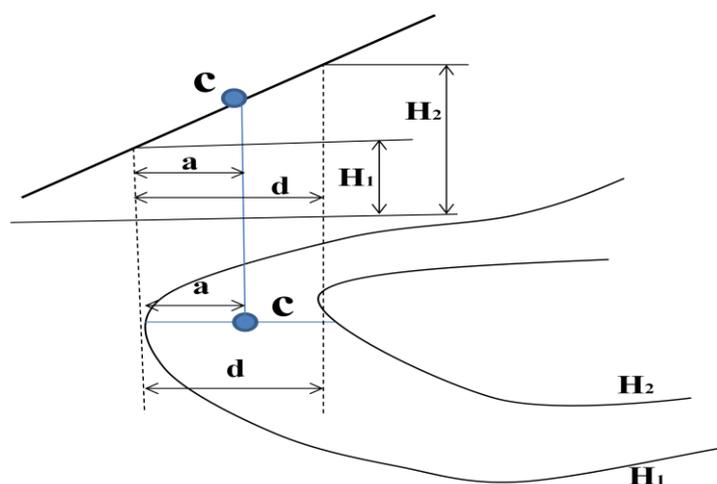


Рис. 9.1. Схема определения высоты точки на топографической карте.

Построение графиков заложений

Графики заложений строятся симметрично относительно координатной сетки в нижней части плана под чертежом. Строятся два графика: 1 – в уклонах; 2 – в углах наклона. Исходной формулой построения является:

$$\operatorname{tg} v = \frac{h}{d},$$

где v – угол наклона;

h – высота сечения рельефа (в данном случае $h = 1$ м);

d – заложение (расстояние между соседними горизонталями).

Так как под углом i понимается тангенс угла наклона ($\operatorname{tg} v$), то мы можем написать $i = \frac{h}{d}$,

откуда $d = \frac{h}{i}$.

Задаваясь заранее определенными уклонами (от $i = 0,01$ до $i_n = 0,1$), можно составить следующую таблицу заложений:

$$d_1 = \frac{h}{0,01} = \frac{1 \text{ м}}{0,01} = 100 \text{ м}; \quad d_2 = \frac{1 \text{ м}}{0,02} = 50 \text{ и т. д.}$$

0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,1
100 м	50 м	33 м							

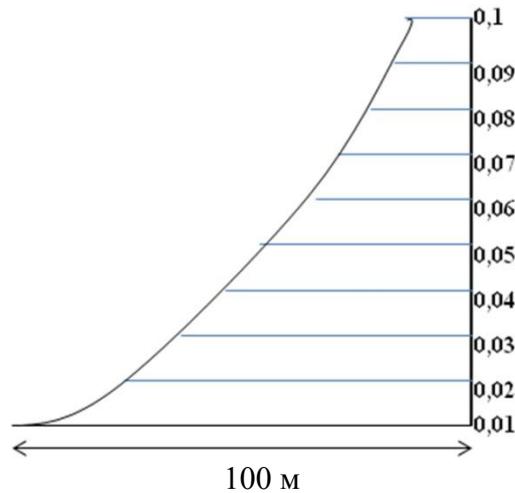


Рис. 9.2. График заложений.

Определение крутизны ската

Степень понижения или повышения местности, называемую крутизной ската, характеризуют углом наклона ν , который образует линию местности, например АВ, с горизонтальной плоскостью. Величину угла наклона определяют по диаграмме заложений, находящейся под южной рамкой карты. По горизонтальной оси диаграммы отложены значения углов наклона, а на перпендикулярах к ней – соответствующие им заложения в масштабе карты. Концы перпендикуляров соединены плавной кривой (гиперболой).

Для определения крутизны ската линии АВ в раствор циркуля берут заложение, одну иглу циркуля перемещают по горизонтальной оси диаграммы заложений до тех пор, пока другая игла не коснется кривой. В данном примере крутизна ската равна 14° .

Крутизну ската характеризуют также уклоном i , вычисляемым по формуле:

$$i = \operatorname{tg} \nu = h_0 / d_0,$$

где h_0 – высота сечения рельефа,
 d_0 – заложение рельефа на местности.

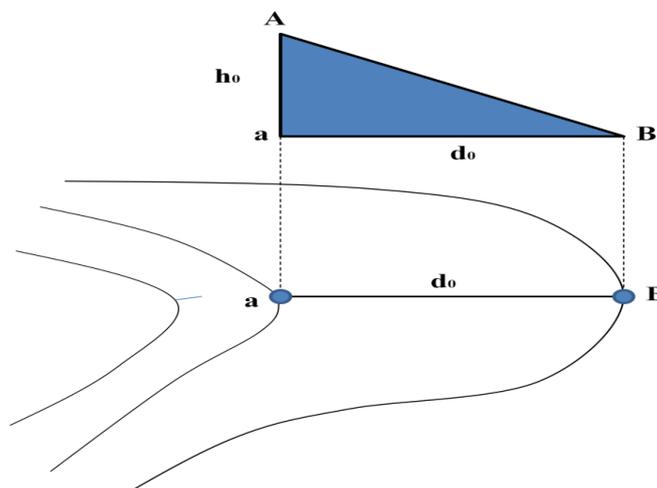


Рис. 9.3. Определение крутизны ската линии по масштабу заложения d линии АВ и углу наклона.

Построение профиля местности по заданному направлению

Пусть на карте масштаба 1 : 50 000 задано направление АВ, по которому нужно построить профиль. Точки пересечения линии с горизонталями и характерными точками рельефа – водотоком и водоразделом (на рисунке показаны пунктиром) – нумеруют. На листе миллиметровой бумаги строят графы расстояний и высот. В графу расстояний переносят с карты точки пересечения и выписывают длины интервалов между ними на местности. Высоты точек записывают в соответствующую графу; в этих точках от линии условного горизонта восставляют перпендикуляры и откладывают на них высоты в вертикальном масштабе, крупнее горизонтального, т. е. в масштабе 1 : 1 000. Концы перпендикуляров соединяют плавной линией.

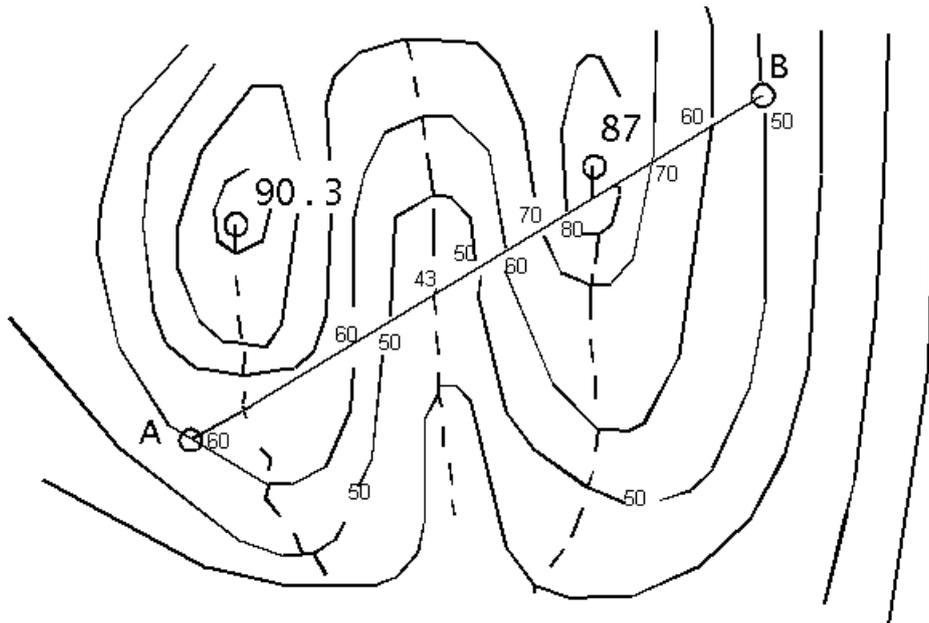


Рис. 9.4. М 1 : 50 000. Сечение рельефа сплошными горизонталями через 10 м.

Масштабы профиля:

1. Горизонтальный 1 : 50 000;
2. Вертикальный 1 : 1 000.

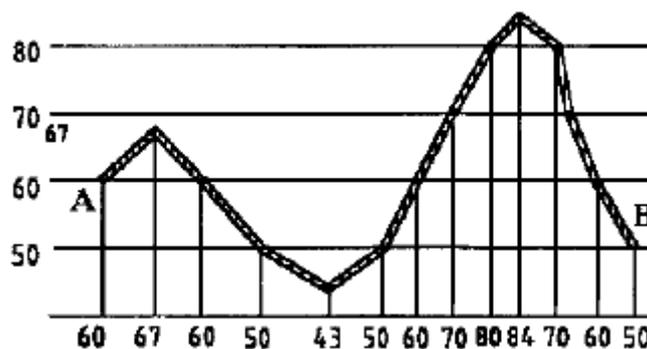


Рис. 9.5. Построение продольного профиля.

Задание № 1. Определить высоту точки, расположенной между горизонталями.

Задание № 2. Построить график заложений.

Задание № 3. Определить крутизну ската.

Задание № 3. Построить профиль местности по заданному направлению.

Практические занятия по дисциплине «**Основы геодезии и топографии**»
для студентов специальности **130101.65 Прикладная геология (РМ)**

Вид учебной работы	Часы
Практические занятия	34
Из них интерактивных	5
1. Теодолит. Устройство и работа	2
2. Поверки юстировки теодолитов. Способы измерения горизонтальных углов	2
3. Вычисления горизонтальных и вертикальных углов	2
4. Определение превышения в журнале измерения углов и длин линий	2
5. Уравнивание горизонтальных углов	2
6. Вычисления дирекционных углов	2
7. Нивелир. Устройство и работа	2
8. Вычисление горизонтальной проекции наклонной линии местности	2
9. Определение координат и высот пунктов теодолитно-высотного хода	2
10. Построение координатной сетки и нанесение вершин теодолитно-высотного хода	2
11. Построение плана топографической съемки (часть 1)	2
12. Построение плана топографической съемки (часть 2)	2
13. Условные обозначения топографических материалов	2
14. Обработка журнала тахеометрической съемки	2
15. Нанесение на план пикетных точек	2
16. Построение ситуации и проведение горизонталей	2
17. Решение задач по плану	2
Итого	34
Самостоятельная работа	5
Подготовка к практическим занятиям	5

ТЕОДОЛИТ. УСТРОЙСТВО И РАБОТА

Цели: изучить название основных частей прибора, освоить их взаимодействие и научиться производить отсчеты по горизонтальному и вертикальному кругам.

Приборы и принадлежности: комплект теодолита, бланки задания.

1.1. Теодолит, его составные части

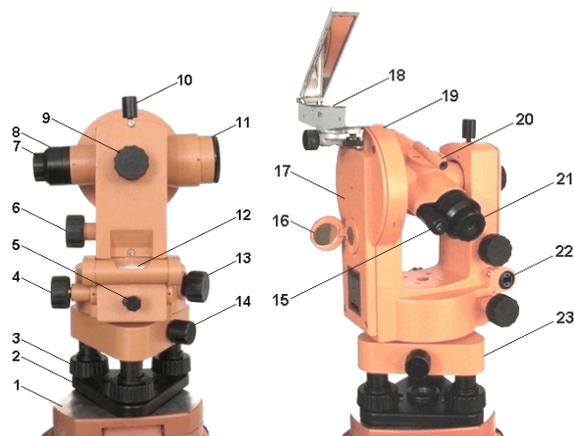


Рис. 1.1. Устройство теодолита 4Т30П:

1 – головка штатива; 2 – основание; 3 – подъемный винт; 4 – наводящий винт алидады; 5 – закрепительный винт алидады; 6 – наводящий винт зрительной трубы; 7 – окуляр зрительной трубы; 8 – предохранительный колпачок сетки нитей зрительной трубы; 9 – кремальера; 10 – закрепительный винт зрительной трубы; 11 – объектив зрительной трубы; 12 – цилиндрический уровень; 13 – кнопочный винт для поворота лимба; 14 – закрепительный винт; 15 – окуляр отсчетного микроскопа с диоптрийным кольцом; 16 – зеркальце для подсветки штрихов отсчетного микроскопа; 17 – колонка; 18 – ориентир-буссоль; 19 – вертикальный круг; 20 – визир; 21 – диоптрийное кольцо окуляра зрительной трубы; 22 – исправительные винты цилиндрического уровня; 23 – подставка.

1.2. Отсчетные приспособления

Отсчетные приспособления служат для отсчитывания делений лимба и оценки их долей. Они делятся на штриховые (теодолит Т30) и шкаловые (2Т30, Т5, 2Т5) микроскопы (рис. 1.2) и микрометры (теодолит Т2). Угловая цена деления лимба называется ценой деления лимба.

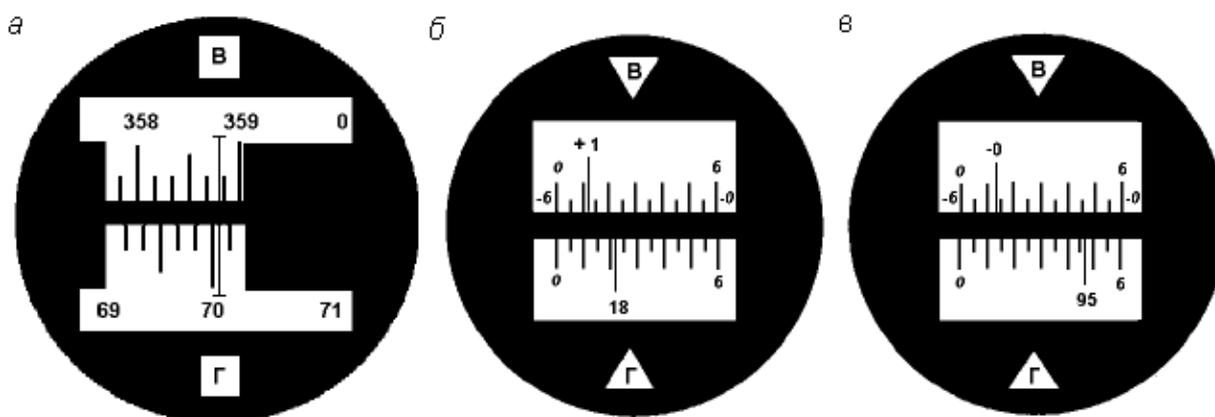


Рис. 1.2. Поле зрения отсчетных устройств:

штрихового микроскопа с отсчетами по вертикальному кругу – $358^{\circ}48'$, по горизонтальному – $70^{\circ}04'$ (а); шкалового микроскопа с отсчетами: по вертикальному кругу – $1^{\circ}11,5'$, по горизонтальному – $18^{\circ}22'$ (б); по вертикальному кругу – $-0^{\circ}46,5'$, по горизонтальному – $95^{\circ}47'$ (в).

Задание № 1. Запишите названия пронумерованных на рисунке 1.3 частей теодолита 4Т30П.

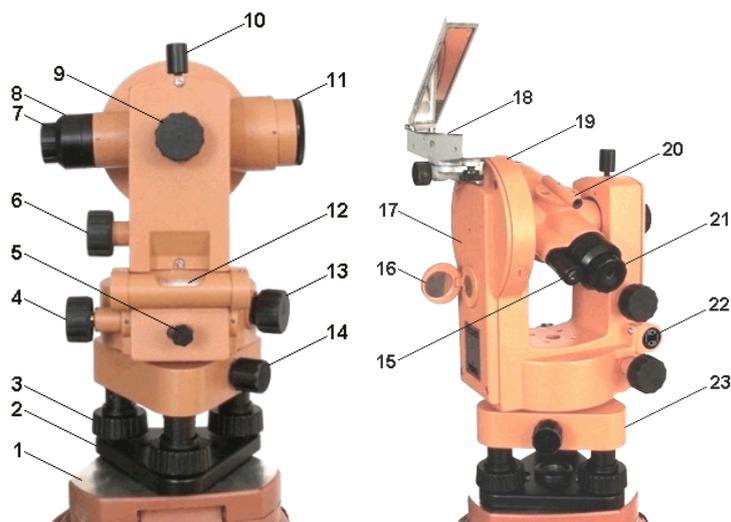


Рис. 1.3. Устройство теодолита 4Т30П.

Задание 2. Запишите ответы на следующие вопросы:

а) какой винт надо закрепить и какой ослабить, чтобы при вращении верхней части прибора отсчеты по горизонтальному кругу не менялись?

б) какими винтами и как надо действовать, чтобы не изменяя положение пузырька уровня, навести средний горизонтальный штрих зрительной трубы теодолита 4Т30П на данную точку местности?

Задание 3. Возьмите отсчеты по горизонтальному и вертикальному кругам, зарисуйте расположение шкал этих кругов, соответствующее производственным отсчетам.

ПОВЕРКИ И ЮСТИРОВКИ ТЕОДОЛИТОВ. СПОСОБЫ ИЗМЕРЕНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ УГЛОВ

Цели: закрепить знания, полученные на лекциях, и приобрести навыки выполнения поверок и юстировок теодолита; освоить методику измерения горизонтальных углов и обработки полученных результатов, приобрести начальные навыки измерения углов.

Приборы и принадлежности: комплект теодолита, журнал измерения горизонтальных углов; бланки задания.

Полевые поверки и юстировки теодолита

1. Ось цилиндрического уровня (касательная к внутренней поверхности ампулы в нуль-пункте) должна быть перпендикулярна вертикальной оси вращения теодолита.

Для поверки этого условия устанавливают цилиндрический уровень параллельно двум подъемным винтам и, вращая их, приводят пузырек на середину. Затем поворачивают цилиндрический уровень на 180° и, если пузырек отклонился более чем на одно деление, с помощью исправительных винтов смещают пузырек к центру на половину отклонения.

2. Визирная ось трубы (ось, проходящая через оптический центр объектива и перекрестие сетки нитей) должна быть перпендикулярна оси вращения трубы.

Эта поверка сводится к определению коллимационной погрешности – горизонтального угла между фактическим положением визирной оси и требуемым. Для выполнения поверки наводят визирную ось трубы на удаленную, четко видимую на горизонте точку и снимают отсчеты по горизонтальному кругу при *КП* и *КЛ*. Отсчеты должны отличаться на $180^\circ 00'$, в противном случае имеет место коллимационная погрешность.

Если коллимационная погрешность, определяемая по формуле:

$$C = (КЛ - КП) / 2,$$

превышает $2t$, где t – точность отсчетного устройства, выполняют юстировку: вычисляют средний отсчет и устанавливают его на горизонтальном круге. В этом случае наблюдаемая точка не будет совпадать с перекрестием сетки нитей. Предварительно ослабив один вертикальный исправительный винт, двумя горизонтальными совмещают перекрестие сетки с наблюдаемой точкой. Результаты измерений и вычислений записывают в журнале определения коллимационной погрешности.

3. Место нуля вертикального круга (отсчет по *ВК*, когда визирная ось и ось цилиндрического уровня горизонтальны) должно быть близким к нулю или отличаться от нуля не более чем на $2t$.

Для поверки не менее двух раз определяют место нуля по формуле:

$$MO = (КЛ + КП) / 2,$$

где *КЛ* и *КП* – отсчеты по вертикальному кругу при наведении средней горизонтальной нити на точку.

Если вычисленное значение место нуля недопустимо, устанавливают наводящим винтом трубы отсчет по вертикальному кругу, равный вычисленному углу наклона на точку ($n = КЛ - MO$). Вращая вертикальные исправительные винты сетки нитей (рис. 2.1), предварительно ослабив один горизонтальный винт, совмещают среднюю горизонтальную нить с наблюдаемой точкой.

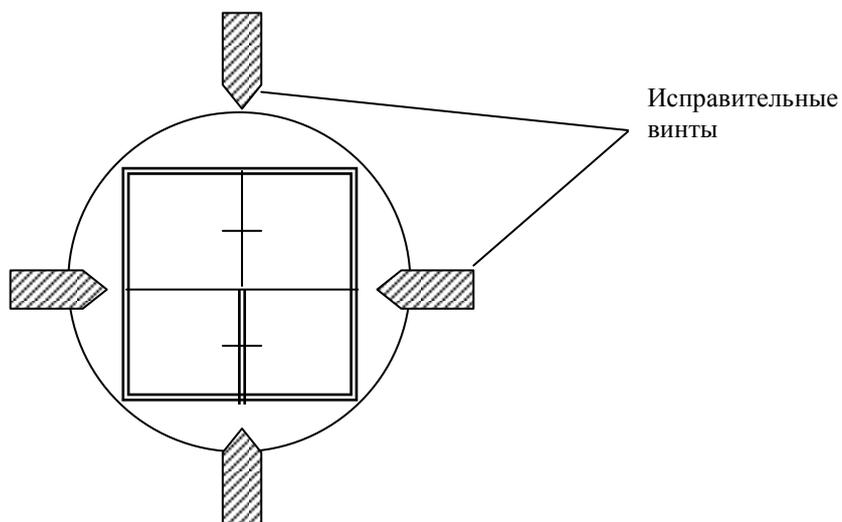


Рис. 2.1. Сетка нитей теодолита.

Задание № 1. Зарисуйте схему осей теодолита и напишите названия и определения этих осей.

Вопросы для самоконтроля

1. Назначение теодолита.
2. Основные части теодолита.
3. Какие бывают отсчетные приспособления в теодолитах?
4. Назначение цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга.
5. Назначение зрительной трубы теодолита.
6. Характеристики зрительной трубы.
7. Какие установки зрительной трубы при наблюдениях?

Практическое занятие 3

ВЫЧИСЛЕНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ И ВЕРТИКАЛЬНЫХ УГЛОВ

Цель задания: освоить методику вычисления горизонтальных и вертикальных углов.

Приборы и принадлежности: микрокалькулятор с тригонометрическими функциями, ведомость вычислений координат точек теодолитного хода и рабочая тетрадь.

Таблица 3.1

Номер точки стояния	Номер точки визирования	При круге	Отсчеты по лимбу ГК	Горизонтальные углы	
				из полуприемов	средний
1	2	3	4	5	6
пз24	1	КП	56°29'	180°11'	180°11,5'
	пз23		236°18'		
β_0	1	КЛ	6°50'	180°12'	
	пз23		186°38'		
пз24	пз23	КП	205°31'	86°12'	86°13,0'
	5		119°19'		
β_6	пз23	КЛ	29°46'	86°14'	
	5		303°32'		
1	2	КП	52°22'	206°52'	206°51,5'
	пз24		205°30'		
β_1	2	КЛ	43°11'	206°51'	
	пз24		196°20'		
2	3	КП	354°49'		
	1		107°15'		
β_2	3	КЛ	48°42'		
	1		161°08'		
3	4	КП	222°24'		
	2		338°16'		
β_3	4	КЛ	67°06'		
	2		182°57'		
4	5	КП	47°18'		
	3		205°18'		
β_4	5	КЛ	293°27'		
	3		91°28'		
5	пз24	КП	334°42'		
	4		61°38'		
β_5	пз24	КЛ	137°22'		
	4		224°19'		

Задание. Обработайте журнал измерений горизонтальных углов способом приемов.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕВЫШЕНИЙ
В ЖУРНАЛЕ ИЗМЕРЕНИЯ УГЛОВ И ДЛИН ЛИНИЙ**

Цель: усвоить методику вычисления превышения на станции.

Пособия и принадлежности: журнал измерения углов и длин линий (таблица 4.1).

Что такое место нуля?

Это отчет по вертикальному кругу при горизонтальном положении визирной оси.

Что такое угол наклона?

Угол наклона – угол между горизонтальной линией и направлением на визирную цель.

Место нуля MO и угол наклона v для теодолита 2Т30 вычисляют по следующим формулам:

$$MO = 0,5 (KL + КП);$$

$$v = 0,5(KL - КП);$$

$$v = KL - MO = MO - КП$$

В нашем примере рассчитываем место нуля MO для теодолита 2Т30 по формуле:

$$MO = \frac{KL+КП}{2} = \frac{(-2^{\circ}04')+(2^{\circ}02')}{2} = -0^{\circ}01'.$$

Рассчитываем угол наклона v для теодолита 2Т30 по формуле:

$$v = \frac{KL-КП}{2} = \frac{(-2^{\circ}04')-(+2^{\circ}02')}{2} = -2^{\circ}03'.$$

Таблица 4.1

Журнал измерения углов и длин линий **Дата:**

Номер точки стояния	Номер точки визирования	Длины линий $l_{пр}, l_{обр}$ $S = l \cdot \cos v$	При круге	Отсчеты по лимбу ВК	Место нуля $\frac{КП + KL}{2}$	Угол наклона $v = MO - КП$ $v = \frac{KL-КП}{2}$	Высота вехи, v	Превышения	
								$h = S \cdot \operatorname{tg} v$	$h = h' + i - v$
1	2	7	8	9	10	11	12	13	14
ПЗ24		$l_{пз24-1} = 135,16$	КП	$-2^{\circ}04'$					
		$l_{1-пз24} = 135,10$							
		$l_{cp} = 135,13$	КЛ	$+2^{\circ}02'$	$-0^{\circ}01'$	$+2^{\circ}03'$	$v = i$	+4,83	+4,83
		$S = 135,04$							
			КП	$+0^{\circ}39'$					
		$l_{cp} =$	КЛ						
		$S =$		$-0^{\circ}37'$	$+0^{\circ}01'$	$-0^{\circ}38'$	$v = i$	+2,94	-2,94
		$l_{1-2} = 142,89$	КП	$-1^{\circ}22'$					
		$l_{2-1} = 142,81$			$+2^{\circ}03'$				
		$l_{cp} = 142,85$	КЛ	$+1^{\circ}21'$	$-0^{\circ}00,5'$	$+1^{\circ}21,5'$	$v = i$	+3,39	+3,39
		$S = 142,81$			$-2^{\circ}02'$	$+0^{\circ}00,5'$	$-2^{\circ}02,5'$	$v = i$	-4,81

1	2	7	8	9	10	11	12	13	14
		$l_{2-3} = 156,63$	КП	$-3^{\circ}10'$					
		$l_{3-2} = 156,69$		$+1^{\circ}21'$					
		$l_{cp} =$	КЛ	$+3^{\circ}08'$			$v = i$		
		$S =$		$-1^{\circ}23'$			$v = i$		
		$l_{3-4} = 125,88$	КП	$+2^{\circ}04'$					
		$l_{4-3} = 125,92$		$+3^{\circ}09'$					
		$l_{cp} =$	КЛ	$-2^{\circ}02'$			$v = i$		
		$S =$		$-3^{\circ}11'$			$v = i$		
		$l_{4-5} = 150,75$	КП	$+5^{\circ}46'$					
		$l_{5-4} = 150,73$		$-2^{\circ}03'$					
			КЛ	$-5^{\circ}48'$			$v = i$		
				$+2^{\circ}04'$			$v = i$		
		$l_{5-n324} = 265,77$	КП	$-0^{\circ}37'$					
		$l_{n324-5} = 265,71$		$-5^{\circ}45'$					
		$l_{cp} =$	КЛ	$+0^{\circ}40'$			$v = i$		
		$S =$		$+5^{\circ}49'$			$v = i$		

Задание. Определить превышение между точками в журнале измерения углов и длин линий.

УРАВНИВАНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ УГЛОВ

Цель: усвоить методику уравнивания горизонтальных углов.

Пособия и принадлежности: журнал измерения углов и длин линий.

Уравнять (увязать) – означает выполнить четыре действия:

1. Найти невязку

$$f_{\beta} = \sum \beta_{\text{практ}} - \sum \beta_{\text{теорет}},$$

где $\sum \beta_{\text{практ}}$ – практическая сумма измеренных углов,

$\sum \beta_{\text{теорет}}$ – теоретическое значение горизонтальных углов.

Для замкнутого теодолитного хода: $\sum \beta_{\text{теор}} = 180^{\circ} (n - 2)$;

2. Оценить полученную невязку, т. е. сравнить с допустимым в соответствии с требованиями нормативных документов значением $f_{\beta} < f_{\beta \text{доп}} = 2t\sqrt{n}$, где n – число измеренных углов;

3. Распределить невязку с обратным знаком пропорционально числу измеренных углов с округлениями до 0,1. В углы с более короткими сторонами вводятся большие по величине поправки, так как они измеряются менее точно;

4. Выполнить контроль:

а) сумма поправок должна равняться невязке с обратным знаком;

б) сумма исправленных углов равна теоретической сумме углов.

Задание. По результатам вычислений уравнять горизонтальные углы.

Вопрос для самоконтроля

1. Как определить угловую невязку в теодолитном ходе и как она распределяется?

ВЫЧИСЛЕНИЕ ДИРЕКЦИОННЫХ УГЛОВ

Цель: усвоить методику вычисления дирекционных углов.

Приборы и принадлежности: ведомость вычисления координат теодолитно-высотного хода и микрокалькулятор.

Пусть имеем две стороны хода АВ и ВС (рис. 6.1). Дирекционный угол стороны АВ будем считать известным. Если обозначить через β правый по ходу горизонтальный угол, то $\alpha_{BC} = \alpha_{AB} + 180^\circ - \beta$.

Дирекционный угол последующего направления равен дирекционному углу предыдущего направления плюс 180° и минус горизонтальный угол справа по ходу.

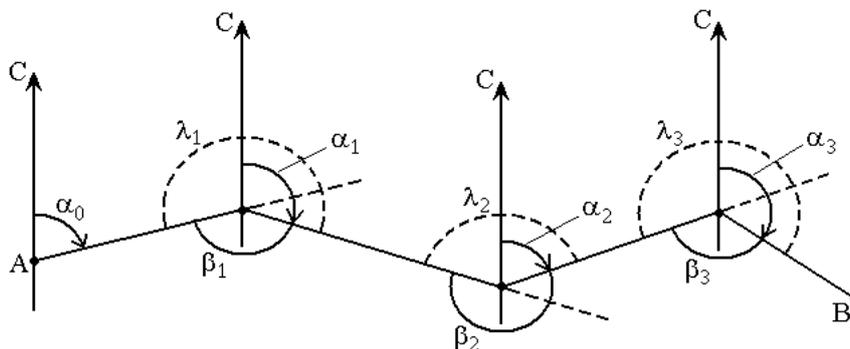


Рис. 6.1. Зависимость между дирекционными углами сторон хода.

На основании зависимости между прямыми и обратными дирекционными углами можем написать: $\alpha_1 + \beta_1 = \alpha_0 + 180^\circ$ из данного выражения следует, что

$$\alpha_1 = \alpha_0 + 180^\circ - \beta_1 . \tag{1}$$

Аналогично вычисляются дирекционные углы последующих сторон теодолитного хода:

$$\alpha_2 + \beta_2 = \alpha_1 + 180^\circ \rightarrow \alpha_2 = \alpha_1 + 180^\circ - \beta_2 \tag{2}$$

$$\alpha_3 + \beta_3 = \alpha_2 + 180^\circ \rightarrow \alpha_3 = \alpha_2 + 180^\circ - \beta_3 \tag{3}$$

$$\dots\dots\dots$$

$$\alpha_n + \beta_n = \alpha_{n-1} + 180^\circ \rightarrow \alpha_n = \alpha_{n-1} + 180^\circ - \beta_n \tag{n}$$

То есть, дирекционный угол последующей стороны равен дирекционному углу предыдущей стороны плюс 180° и минус угол, лежащий справа по ходу.

Для получения контрольной формулы в выражение (2) подставим значение α_1 из выражения (1).

Задание. По результатам вычислений, приведенных в таблице 2, вычислить дирекционные углы сторон полигона.

НИВЕЛИР. УСТРОЙСТВО И РАБОТА

Цель: изучить последовательность приведения прибора в рабочее положение, основные поверки и юстировки нивелира Н-3; называть и показывать на приборе основные его части, необходимые для приведения нивелира Н-3 в рабочее положение; приводить прибор в рабочее положение; выполнять техническое нивелирование (наблюдения, заполнение журнала нивелирования и его обработка).

Приборы и принадлежности: приборы Н-3 и рейки РН-3 .

Теоретические положения

Нивелир – геодезический прибор, предназначенный для определения разности высот двух точек местности (превышений) посредством горизонтального визирного луча. По точности (согласно ГОСТ 10528-76 «Нивелиры. Общие технические условия») оптические нивелиры делятся на три группы: высокоточные – Н-0,5, точные – Н-3 и технические – Н-10.

По способу приведения визирного луча в горизонтальное положение различают нивелиры с уровнем и с компенсатором.

По конструктивным особенностям нивелиры выпускают с лимбом для измерения горизонтальных углов и без него.

Шифр, обозначающий тип прибора, состоит из буквы Н – нивелир и стоящих перед ней и после нее цифр и букв. Цифра перед буквой Н обозначает номер модели, цифры после нее обозначают среднюю квадратическую ошибку измерения превышения на 1 км двойного нивелирного хода в миллиметрах, а буквы, стоящие после цифр указывают на наличие компенсатора и лимба; у лазерных нивелиров ставится буква Л. В названии нивелира буква К обозначает компенсатор. Например, шифр нивелира 3Н2КЛ означает – третья модель нивелира точности 2 мм на 1 км двойного хода с компенсатором и лимбом; шифр Н-0,5 означает нивелир с уровнем точности 0,5 мм на 1 км хода.

В зависимости от того, каким способом визирный луч устанавливается в горизонтальное положение, нивелиры изготавливают в двух исполнениях:

– с цилиндрическим уровнем при зрительной трубе, с помощью которого осуществляется горизонтирование визирного луча (рис. 1);

– с компенсатором – свободно подвешенная оптико-механическая система, которая приводит визирный луч в горизонтальное положение.

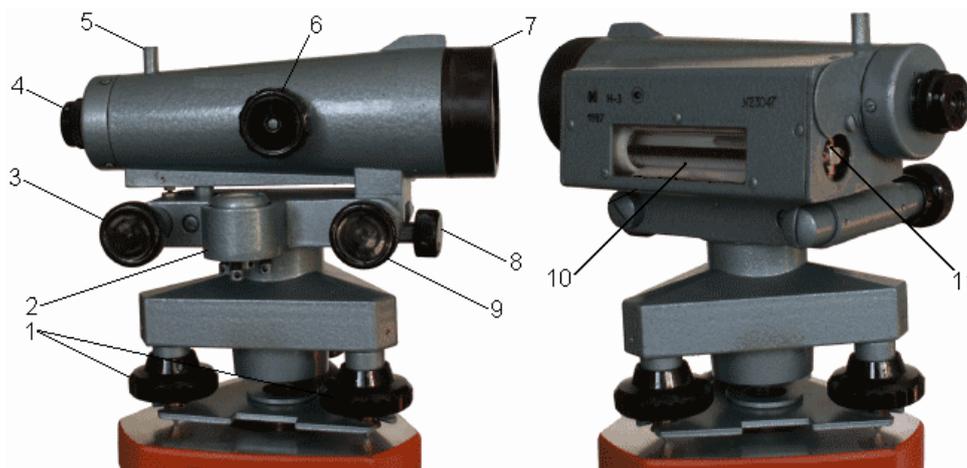


Рис. 7.1. Точный нивелир Н-3 с цилиндрическим уровнем при зрительной трубе:

1 – подъемные винты; 2 – круглый уровень; 3 – элевационный винт; 4 – окуляр зрительной трубы с диоптрийным кольцом; 5 – визир; 6 – кремальера; 7 – объектив зрительной трубы; 8 – закрепительный винт; 9 – наводящий винт; 10 – контактный цилиндрический уровень; 11 – юстировочные винты цилиндрического уровня.

Нивелирные рейки

Нивелирные рейки для нивелирования III–IV класса и технического изготавливают из деревянных брусков двутаврового сечения шириной 8–10 и толщиной 2–3 см.

Рейка РН-3 (рис. 7.2) имеет длину 3 м. Деления нанесены через 1 см. Нижняя часть рейки заключена в металлическую оковку и называется пяткой. Основная шкала имеет деления черного и белого цветов, ноль совмещен с пяткой рейки. Дополнительная шкала на другой стороне рейки имеет чередующиеся красные и белые деления. С пяткой рейки совмещен отсчет больше 4000 мм. Часто встречаются комплекты реек, у которых с пятками красных сторон совпадают отсчеты 4687 и 4787 мм. Поэтому превышения, измеренные по красным сторонам реек, будут больше или меньше на 100 мм измеренных по черным сторонам реек.

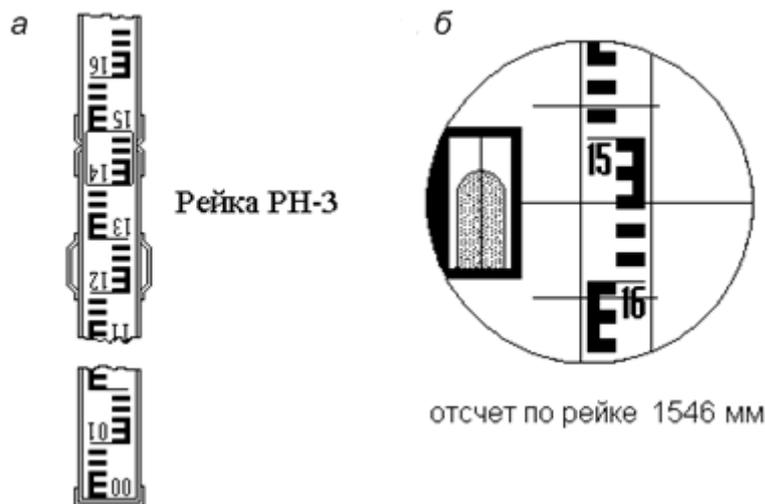


Рис. 7.2. Нивелирная рейка (а) и поле зрения зрительной трубы нивелира с цилиндрическим уровнем (б).

Задание № 1. Дать описание частей нивелира Н-3.

Задание № 2. Произвести отсчеты по нивелирной рейке по среднему и дальномерным штрихам.

Пояснения к заданиям. На бланке задания перечисляют основные части прибора и основные оси нивелира. Нужно знать назначение этих частей. Кроме того, отвечая на 1 задание, необходимо сформулировать главные геометрические условия нивелиров с цилиндрическим уровнем и с компенсатором. Необходимо знать, как перемещается визирная ось при вращении элевационного и наводящего винтов. Нужно научиться приводить нивелир в рабочее положение. С помощью подъемных винтов приводят пузырек круглого уровня в нуль-пункт. Вращая окуляр, добиваются четкого изображения штрихов сетки, наводят зрительную трубу на рейку и, вращая винт фокусировки, добиваются резкого изображения предмета. Далее, вращая элевационный винт (для нивелиров с цилиндрическим уровнем), добиваются совмещения изображения концов пузырька цилиндрического уровня и берут отсчеты по рейке с точностью до мм.

ВЫЧИСЛЕНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ПРОЕКЦИИ НАКЛОННОЙ ЛИНИИ МЕСТНОСТИ

Цель: усвоить методику вычисления горизонтальной проекции наклонной линии местности.

Пособия и принадлежности: журнал измерения углов и длин линий.

При создании планов местности вычисляют горизонтальную проекцию каждой линии, т. е. ее горизонтальное положение S .

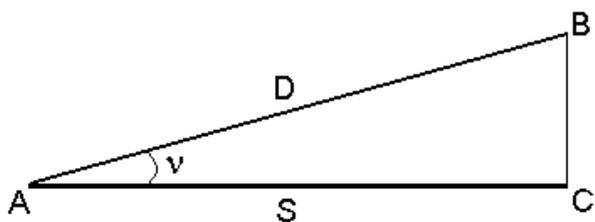


Рис. 8.1. Горизонтальная проекция линии.

Если линия АВ (рис. 8.1) наклонена к горизонту под углом ν , то определить горизонтальное положение можно, воспользовавшись формулой:

$$S = D \cdot \cos \nu,$$

где D – длина измеренной наклонной линии АВ;
 ν – угол наклона.

Иногда для определения горизонтального

положения используют поправку за наклон:

$$\Delta \nu = D - S = D - D \cdot \cos \nu = D(1 - \cos \nu) = 2D \sin^2 \nu / 2,$$

тогда

$$S = D - \Delta \nu.$$

Поправку за наклон вводят при углах наклона более 1° . Углы наклона измеряют теодолитом.

Таблица 8.1

Журнал измерения углов и длин линий

Дата:

Номер точки стояния	Номер точки визирования	Длины линий $l_{пр}, l_{обр}$ $S = l \cdot \cos \nu$	При круге	Отсчеты по лимбу ВК	Место нуля $\frac{КП + КЛ}{2}$	Угол наклона $\nu = MO - КП$ $\nu = \frac{КЛ - КП}{2}$	Высота вехи, ν	Превышения	
								$h = S \cdot \operatorname{tg} \nu$	$h = h' + i - \nu$
1	2	7	8	9	10	11	12	13	14
ПЗ24		$l_{пз24-1} = 135.16$	КП	$-2^\circ 04'$					
		$l_{1-пз24} = 135.10$							
		$l_{ср} = 135,13$ м	КЛ	$+2^\circ 02'$	$-0^\circ 01'$	$+2^\circ 03'$	$\nu = i$	$+4,83$	$+4,83$
		$S = 135,04$ м							
			КП						
				$+0^\circ 39'$					

1	2	7	8	9	10	11	12	13	14
		$l_{cp} =$	<i>КЛ</i>						
		$S =$		$-0^{\circ}37'$	$+0^{\circ}01'$	$-0^{\circ}38'$	$v = i$	+2,94	-2,94
		$l_{1-2} = 142,89$	<i>КП</i>	$-1^{\circ}22'$					
		$l_{2-1} = 142,81$		$+2^{\circ}03'$					
		$l_{cp} = 142,85$	<i>КЛ</i>	$+1^{\circ}21'$	$-0^{\circ}00,5'$	$+1^{\circ}21,5'$	$v = i$	+3,39	+3,39
		$S = 142,81$		$-2^{\circ}02'$	$+0^{\circ}00,5'$	$-2^{\circ}02,5'$	$v = i$	-4,81	-4,81
		$l_{2-3} = 156,63$	<i>КП</i>	$-3^{\circ}10'$					
		$l_{3-2} = 156,69$		$+1^{\circ}21'$					
		$l_{cp} =$	<i>КЛ</i>	$+3^{\circ}08'$			$v = i$		
		$S =$		$-1^{\circ}23'$			$v = i$		
		$l_{3-4} = 125,88$	<i>КП</i>	$+2^{\circ}04'$					
		$l_{4-3} = 125,92$		$+3^{\circ}09'$					
		$l_{cp} =$	<i>КЛ</i>	$-2^{\circ}02'$			$v = i$		
		$S =$		$-3^{\circ}11'$			$v = i$		
		$l_{4-5} = 150,75$	<i>КП</i>	$+5^{\circ}46'$					
		$l_{5-4} = 150,73$		$-2^{\circ}03'$					
			<i>КЛ</i>	$-5^{\circ}48'$			$v = i$		
				$+2^{\circ}04'$			$v = i$		
		$l_{5-пз24} = 265,77$	<i>КП</i>	$-0^{\circ}37'$					
		$l_{пз24-5} = 265,71$		$-5^{\circ}45'$					
		$l_{cp} =$	<i>КЛ</i>	$+0^{\circ}40'$			$v = i$		
		$S =$		$+5^{\circ}49'$			$v = i$		

Задание. Вычислить горизонтальное проложение отрезка по данным, выданным преподавателем.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КООРДИНАТ И ВЫСОТ ПУНКТОВ ТЕОДОЛИТНО-ВЫСОТНОГО ХОДА

Цели: уравнивать (увязать) приращения координат теодолитного хода; определить координаты и высоты пунктов теодолитно-высотного хода.

Пособия и принадлежности: ведомость вычисления координат и высот пунктов теодолитно-высотного хода.

Прямая геодезическая задача

Пример

Дано: $X_A, Y_A, \alpha_{AB}, d_{AB}$.

Определить: X_B, Y_B .

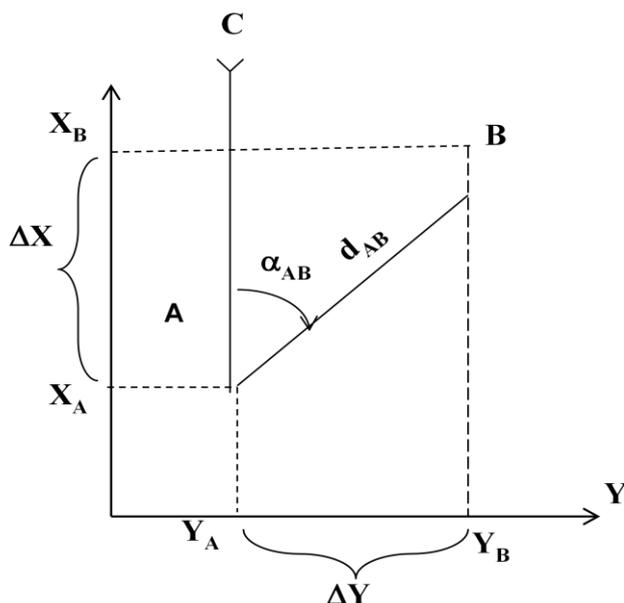


Рис. 9.1. Прямая геодезическая задача.

Решение:

$$X_B = X_A + d_{AB} \cdot \cos \alpha_{AB} = X_A + \Delta X,$$

$$Y_B = Y_A + d_{AB} \cdot \sin \alpha_{AB} = Y_A + \Delta Y,$$

где ΔX и ΔY – приращения координат, т. е. проекции горизонтального проложения на соответствующие оси координат.

Контроль вычислений координат выполняют по формуле:

$$\sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} = d_{AB}.$$

Уравнивание (увязка) приращений координат теодолитного хода

Приращения координат являются проекциями горизонтальных расстояний сторон теодолитного хода на оси координат. В замкнутом полигоне сумма приращений координат на любую ось должна быть равна нулю, т. е.:

$$\sum \Delta X = 0; \quad \sum \Delta Y = 0.$$

В связи с погрешностями, возникающими в измеренных углах и расстояниях, происходят уклонения этих сумм от нуля, которые называются невязками в приращениях координат f_x и f_y :

$$f_x = \sum \Delta X; \quad f_y = \sum \Delta Y.$$

Замкнутый полигон разомкнут на величину ПЗ23–ПЗ24 (рис. 4.2), называемую абсолютной линейной невязкой $f_{абс}$ теодолитного хода.

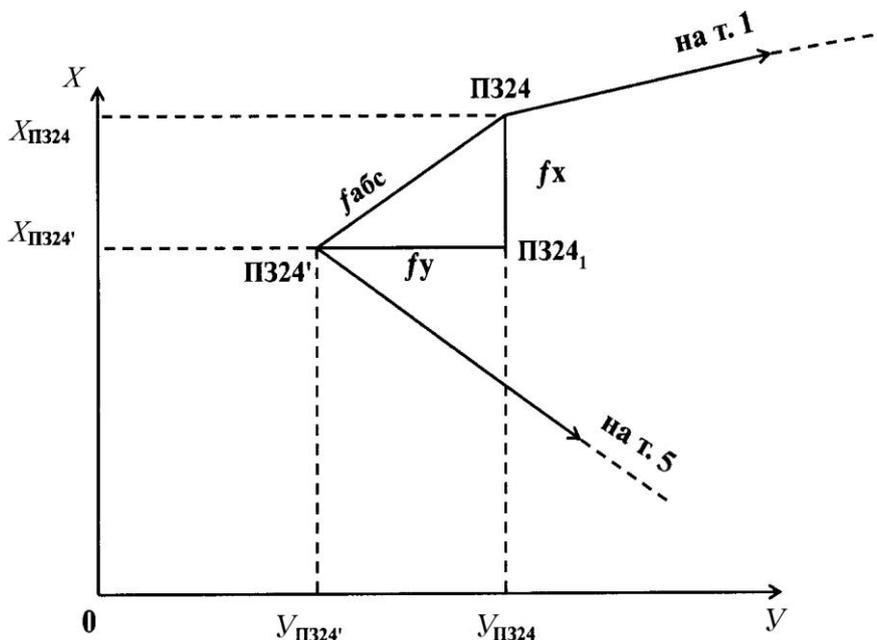


Рис. 9.2. Схема уравнивания приращений координат.

Из прямоугольного треугольника ПЗ24–ПЗ24'–ПЗ24₁ абсолютная невязка:

$$f_{абс} = \mp \sqrt{f_x^2 + f_y^2}.$$

Абсолютная невязка относится ко всему периметру полигона. За критерий оценки точности принимают относительную невязку точности $f_{отн}$:

$$f_{отн} = \frac{f_{абс}}{P} = \frac{1}{P \div f_{абс}},$$

где P – периметр полигона.

Допустимые невязки устанавливаются в зависимости от масштаба съемки и специальных требований. В нашем случае допустимая относительная невязка принимается $\frac{1}{2000}$:

$$f_{отн} \leq \frac{1}{2000},$$

тогда

$$f_{отн} \leq \frac{1}{P \div f_{абс}} \leq \frac{1}{2000}.$$

Если невязка допустима, то проводят уравнивание приращений координат отдельно по оси X и по оси Y .

Поправки v_{xi} и v_{yi} распределяют на все вычисленные приращения пропорционально линиям сторон и вводят в приращения со знаком, обратным знаку невязки.

$$v_{xi} = -\frac{f_x}{p} \cdot d_i,$$

$$v_{yi} = -\frac{f_y}{p} \cdot d_i.$$

Теоретически строго поправки v_{xi} и v_{yi} дифференцируют относительно измеренных длин сторон. Вычисленные поправки записывают в таблицу над вычисленными ΔX и ΔY .

Для контроля вычисляют суммы поправок $\sum_1^n v_{xi}$ и $\sum_1^n v_{yi}$, которые соответственно должны равняться невязкам f_x и f_y с обратным знаком.

Определение исправленных приращений координат

$$\Delta x_{\text{исп}} = \Delta x_{\text{выч}} + v_x$$

$$\Delta y_{\text{исп}} = \Delta y_{\text{выч}} + v_y$$

Вычисленные приращения координат, найденные как алгебраическая сумма вычисленных приращений и поправок, записывают в соответствующие графы ведомости координат.

Для контроля находят алгебраические суммы исправленных приращений по оси X и Y , которые должны быть равны 0, т. е.:

$$\sum_1^n \Delta x_{\text{исп}} = 0, \quad \sum_1^n \Delta y_{\text{исп}} = 0.$$

Вычисление координат вершин опорного полигона

Прямоугольные координаты вершин хода вычисляют последовательным сложением координат предыдущих вершин с соответствующими исправленными приращениями.

$$x_n = X_{n-1} + X_{\text{исп}};$$

$$y_n = Y_{n-1} + Y_{\text{исп}},$$

где x_n, y_n – координаты последующей точки хода,
 $X_{n-1}; Y_{n-1}$ – координаты предыдущей точки хода,
 $X_{\text{исп}}; Y_{\text{исп}}$ – исправленные приращения координат, взятые со своими знаками.

Контролем правильности вычислений координат является получение координат исходной точки ПЗ24, от которой начинали вычисления.

Уравнивание превышений пунктов теодолитного хода

В замкнутом теодолитном ходе теоретическая сумма превышений должна равняться нулю. Вследствие погрешностей в измеренных углах наклона и расстояниях происходит отклонение этих сумм от нуля, которое называется невязкой, т. е.

$$f_{h_{\text{сп}}} = \sum_1^n h_{\text{сп}} - \sum h_{\text{теор}},$$

где $\sum h_{\text{теор}} = 0$.

Теоретическую сумму средних превышений нужно сравнить с допустимым значением невязки. Допустимое значение невязки рассчитывается по формуле:

$$f_{h_{\text{доп}}} = \mp 0,04 \text{ м} \cdot d_{\text{ср}} \sqrt{n}; \quad d_{\text{ср}} = \frac{P}{n} \text{ (сот. м)},$$

где n – число сторон полигона.

Затем, если невязка меньше допустимой, проводим уравнивание превышений и определяем поправку в превышениях:

$$v_h = -\frac{f_h}{n},$$

где n – количество превышений.

Рассчитываем исправленные превышения как сумму вычисленных превышений и поправок в превышениях:

$$h_{\text{исп}} = h_{\text{выч}} + v_h.$$

Для контроля находим сумму исправленных превышений:

$$\sum_1^n h_i = 0.$$

Вычисление высот пунктов теодолитного хода

Высоты пунктов теодолитного хода вычисляют последовательно от начальной до конечной исходной точки по исправленным превышениям:

$$H_n = H_{n-1} + (\mp h_{\text{исп}}),$$

где H_n – высота последней точки теодолитного хода,

H_{n-1} – высота предыдущей точки теодолитного хода.

С целью контроля правильности вычисления высот теодолитного хода необходимо в конце получить высоту исходного пункта. Для этого необходимо к высоте последующей точки прибавить исправленное превышение между точками, в результате чего будет получена высота исходного пункта.

Задание № 1. Вычислить горизонтальное проложение отрезка по данным, выданным преподавателем.

Задание № 2. Уравнять (увязать) приращения координат теодолитного хода.

Задание № 3. Определить координаты и высоты пунктов теодолитно-высотного хода.

ПОСТРОЕНИЕ КООРДИНАТНОЙ СЕТКИ И НАНЕСЕНИЕ ВЕРШИН ТЕОДОЛИТНО-ВЫСОТНОГО ХОДА

Цель: освоить построение плана топографической съемки в масштабе 1 : 1 000.

Пособия и принадлежности: «Условные знаки для топографических планов масштабов 1 : 5 000, 1 : 1 000», ведомости вычислений координат и высот точек теодолитного хода, лист бумаги А3, линейка Дробышева (ЛД-1), транспортир, готовальня, карандаши твердости 3Т или 4Т, тушь, черная, коричневая и зеленая.

Построение полигона по координатам вершин

Построение полигона по координатам вершин включает следующие вопросы:

1. Построение координатной сетки (сетки квадратов);
2. Нанесение вершин полигона (станций) по координатам;
3. Нанесение на план ситуации по абрису.

Построение координатной сетки (сетки квадратов)

Координатная сетка наносится на лист ватманской бумаги размером 85×60 см. Исходными данными для построения являются координаты вершин полигона (станций). Из ведомости координат выписывают абсциссы «X» северной, имеющей наибольшее значение, и южной, имеющей наименьшее значение, точек, а также ординаты – «Y» восточной (наибольшее значение) и западной (наименьшее значение) точек и находят их разность. Координатная сетка строится при помощи линейки Дробышева или при помощи штангенциркуля и масштабной линейки с последующей проверкой. При построении сетки размером 3×4 используют свойство египетского треугольника, катеты и гипотенуза которого относятся к друг другу как 3 : 4 : 5. Для построения отступают от нижнего края бумаги 6–7 см, проводят остро отточенным карандашом линию по боковому скошенному ребру линейки и укладывают ее на полученную линию.

Отклонение сторон квадратов от 10 см и неравенство диагоналей квадратов сетки не должно превышать 0,2 мм. Следует помнить, что ось X располагается на чертеже снизу вверх (по направлению юг–север), а ось Y – слева направо (запад–восток).

Число квадратов сетки рассчитывают исходя из полученных координат точек теодолитно-высотного хода.

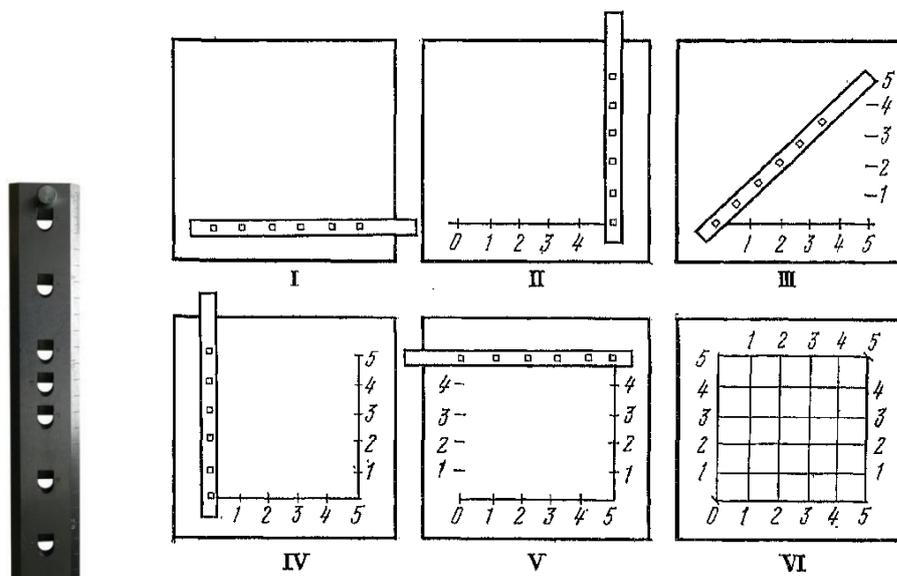


Рис. 10.1. Схема построения рамки и сетки квадратов.

Нанесение вершин полигона (станций) по координатам

Построение теодолитного хода осуществляется по координатам его вершин. Чтобы участок съемки располагался в середине листа бумаги, необходимо соответствующим образом подписать координатную сетку.

Пример. Самая северная (имеющая наибольшее значение X) вершина теодолитно-высотного хода – точка 3 ($X_3 = 1591$ м), а самая нижняя вершина – точка 1 ($X_1 = 1234$ м).

Разность координат двух точек равна $1591 - 1234 = 357$ м.

В масштабе $1 : 1\,000$ стороне квадрата 10 см на местности соответствует расстояние в 100 м.

Следовательно, по оси X нужно построить $357 / 100 = 3,6$ квадрата или ≈ 4 квадрата.

Число квадратов по оси Y – $(1065 - 738) / 100 = 3,3$ квадрата или ≈ 3 квадрата.

Построенную сетку подписывают.

Вершины съемочного обоснования по координатам наносят следующим образом.

Вначале определяется квадрат, в котором находится вершина, например, точка 1 с координатами $X_1 = 1234,15$ м и $Y_1 = 854,03$ м находится в квадрате между горизонтальными линиями 1200 и 1300 и вертикальными линиями 800 и 900 . На боковых сторонах этого квадрата в масштабе построения откладывают разность абсцисс данной точки и ближайшей горизонтальной линии сетки с младшей подписью. Например, для вершины 1 надо отложить в масштабе $1234,15 - 1200 = 34,15$ м. Полученные точки на боковых сторонах квадрата соединяют горизонтальной прямой и на ней откладывают разность ординат данной вершины и ближайшей вертикальной линии с младшей подписью. Эта разность для вершины 1 равна $854,03 - 800 = 54,03$ м. Полученную точку обводят кружком диаметром $1,5$ мм, слева от точки подписывают номер вершины.

Правильность нанесения вершин проверяют по длине горизонтального проложения между ними. Расхождение допускается не более двойной предельной точности масштаба построения.

Задание. Построить полигон по координатам вершин.

**ПОСТРОЕНИЕ ПЛАНА ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ
(часть 1)**

Цель: освоить построение плана топографической съемки в масштабе 1 : 1 000 и построить план.

Пособия и принадлежности: «Условные знаки для топографических планов масштабов 1 : 5 000, 1 : 1 000», ведомости вычислений координат и высот точек теодолитного хода, лист бумаги А3, линейка Дробышева (ЛД-1), транспортир, готовальня, карандаши твердости 3Т или 4Т, тушь, черная, коричневая и зеленая.

Нанесение на план ситуации по абрису

Накладку ситуации – контуров и местных предметов – производят по данным абриса, пользуясь для определения размеров отрезка масштабной линейкой и транспортиром для построения углов.

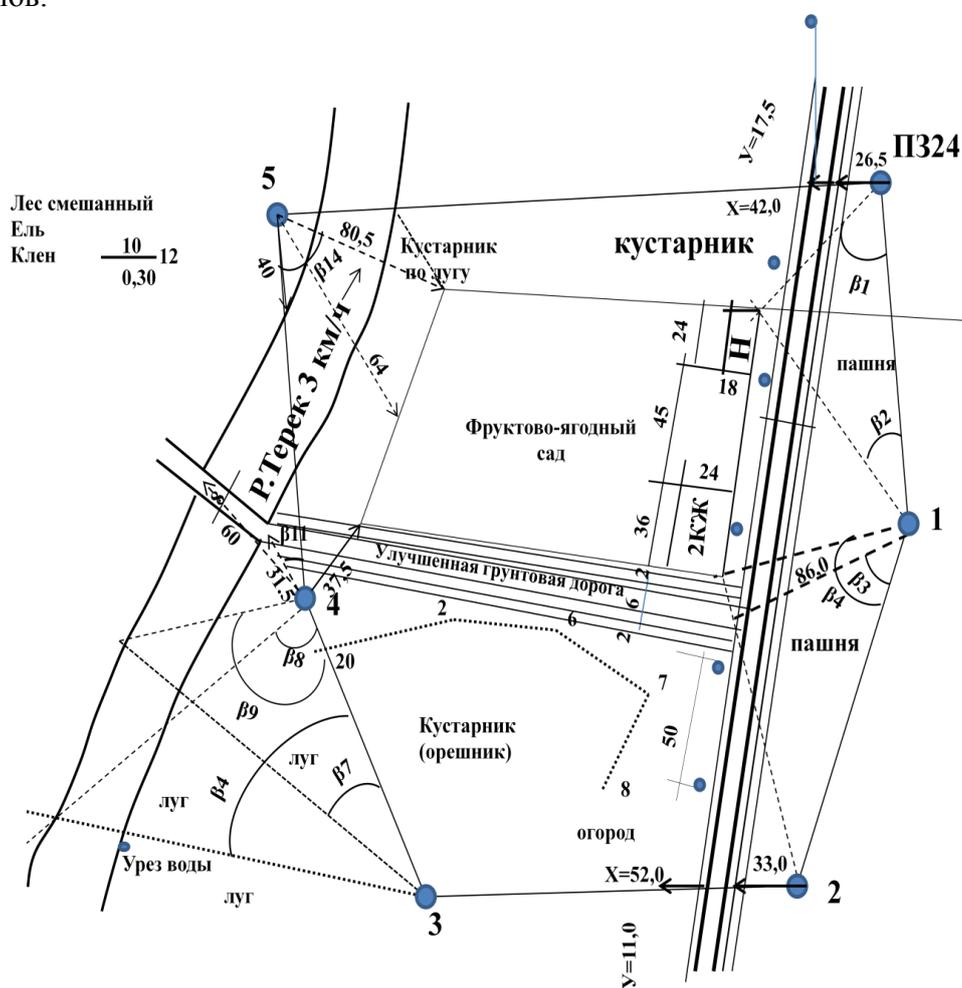


Рис. 11.1. Абрис теодолитной съемки.

Горизонтальные углы

β_1	52° 00'	β_6	54° 15'	β_{11}	28° 45'
β_2	34° 15'	β_7	27° 30'	β_{12}	42° 00'
β_3	45° 15'	β_8	80° 00'	β_{13}	25° 30'
β_4	55° 00'	β_9	101° 45'	β_{14}	63° 19'
β_5	38° 15'	β_{10}	46° 45'		

Съемка ситуации – геодезические измерения на местности для последующего нанесения на план ситуации (контуров и предметов местности). Выбор способа съемки зависит от характера и вида снимаемого объекта, рельефа местности и масштаба, в котором должен быть составлен план. Съемку ситуации производят следующими способами: перпендикуляров; полярным; угловых засечек; линейных засечек; створов (рис. 11.2).

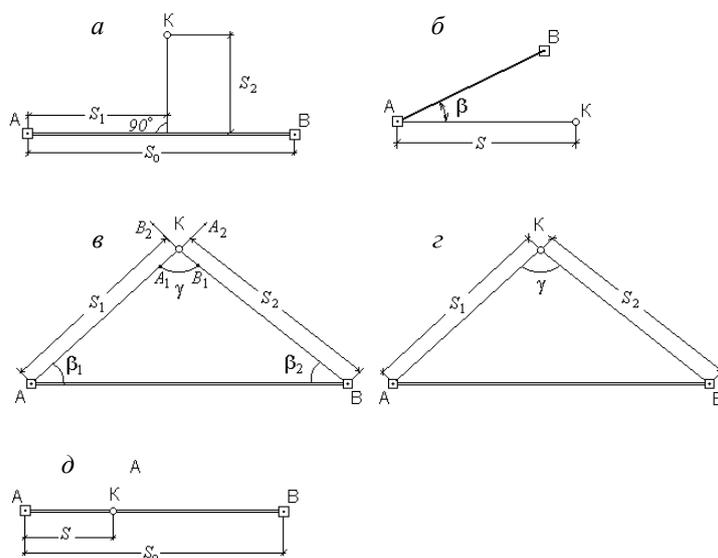


Рис. 11.2. Способы съемки ситуации: а – перпендикуляров, б – полярный, в – угловых засечек, г – линейных засечек, д – створов.

Задание № 1. Построить полигон по координатам вершин.

Задание № 2. Нанести на план ситуацию по абрису.

ПОСТРОЕНИЕ ПЛАНА ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ (часть 2)

Цель: освоить построение плана топографической съемки в масштабе 1:1000.

Пособия и принадлежности: «Условные знаки для топографических планов масштабов 1 : 5 000, 1 : 1 000», ведомости вычислений координат и высот точек теодолитного хода, лист бумаги А3, линейка Дробышева (ЛД-1), транспортир, готовальня, карандаши твердости 3Т или 4Т, тушь, черная, коричневая и зеленая.

Полярный способ (способ полярных координат) – состоит в том, что одну из станций теодолитного хода (рис. 12.1б) принимают за полюс, например, станцию А, а положение точки К определяют расстоянием S от полюса до данной точки и полярным углом β между направлением на точку и линией А – В. Полярный угол измеряют теодолитом, а расстояние – дальномером. Для упрощения получения углов, теодолит ориентируют по стороне хода.

При **способе засечек** (биполярных координат) положение точек местности определяют относительно пунктов съемочного обоснования путем измерения углов β_1 и β_2 (рис. 12.1в) – **угловая засечка**, или расстояний S_1 и S_2 (рис. 12.1з) – **линейная засечка**.

Угловую засечку применяют для съемки удаленных или труднодоступных объектов.

Линейную засечку применяют для съемки объектов, расположенных вблизи пунктов съемочного обоснования. При этом необходимо чтобы угол γ , который получают между направлениями при засечке, был не менее 30° и не более 150° .

Способ створов (промеров). Этим способом определяют плановое положение точек лентой или рулеткой (рис. 12.1д). Способ створов применяется при съемке точек, расположенных в створе опорных линий, либо в створе линий, опирающихся на стороны теодолитного хода. Способ применяется при видимости крайних точек линии.

Результат съемки контуров заносят в **абрис**.

Абрисом называют схематический чертеж, который составляется четко и аккуратно.

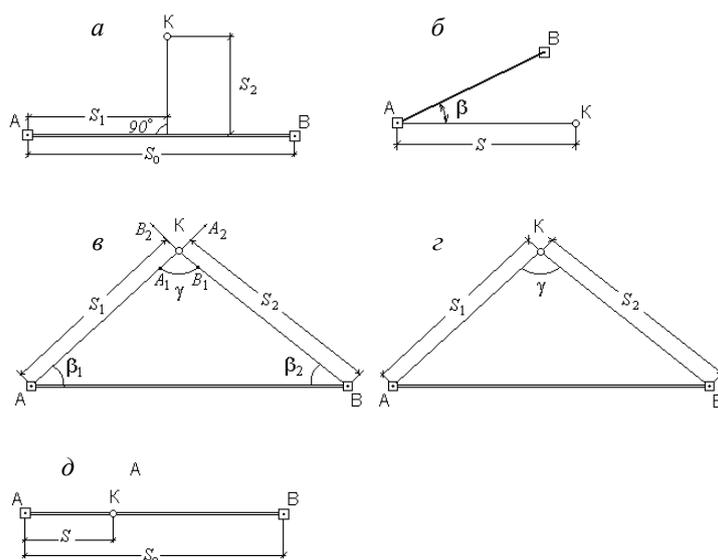


Рис. 12.1. Способы съемки ситуации: а – перпендикуляров, б – полярный, в – угловых засечек, з – линейных засечек, д – створов.

Задание. По результатам горизонтальной съемки, приведенным на абрисах, составить ситуационный план в масштабе 1 : 1 000.

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Цели: изучить условные знаки, ознакомиться с оформлением топографических материалов, научиться читать карту и план.

Пособия и принадлежности: «Условные знаки для топографических планов масштабов 1 : 5 000, 1 : 1 000», комплект учебных карт и планов различных масштабов.

Площадочные условные знаки применяют для заполнения площадей объектов, размеры которых выражаются в масштабе карты или плана и ограничиваются контурами, т. е. внешними очертаниями (сельскохозяйственные и природные угодья: пашни, леса, сенокосы, кустарники, пастбища, сады, огороды и т. п.). Контурные объектов показывают точечным пунктиром, а внутреннее содержание отражают условными знаками.

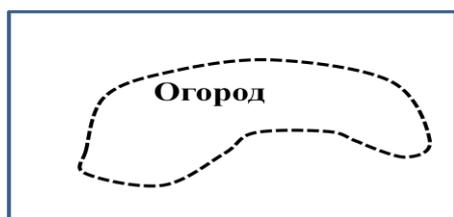


Рис. 13.1. Огороды и бахчи.

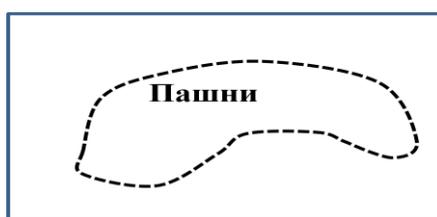


Рис. 13.2. Пашни.

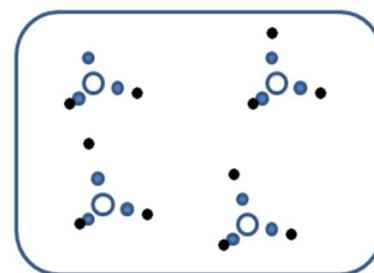


Рис. 13.3. Кустарник.

Линейные условные знаки применяют для изображения объектов линейного вида, длина которых выражается в масштабе (линии связи и электропередач, неширокие реки и ручьи). Ширина таких объектов в масштабе может не выражаться.



Рис. 13.4. Усовершенствованные шоссе (асфальтированные, гудронированные и бетонированные).

Внемасштабные условные знаки применяют для изображения местных предметов, которые нельзя выразить в масштабе карты, но они имеют значения ориентиров: мосты, отдельно стоящие деревья и т. д. Пояснительные надписи представляют собой цифровые данные, характеризующие ситуации: габариты и грузоподъемность мостов, скорость и направление течения водотоков, основную породу деревьев лесных угодий, густоту леса и средние размеры деревьев, ширину шоссе дорог. Для большей наглядности топографические карты и планы составляют и издаются многокрасочными. Элементы гидрографии показывают голубым цветом, растительность – зеленым, рельеф – горизонталями светло-коричневого цвета.

Внутреннее оформление листа топографической карты и плана любого масштаба завершается внешним, зарамочным. Элементами зарамочного оформления являются пояснительные надписи, цифровой и графический материалы, указывающие, в частности, какому участку земной поверхности соответствует данный лист. Внутреннее содержание листов топографической карты ограничивается рамкой, которая называется внутренней.

Задание. По результатам тахеометрической съемки, приведенной на абрисах, нанести условные обозначения.

ОБРАБОТКА ЖУРНАЛА ТАХЕОМЕТРИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ

Цель: построить план топографической съемки в масштабе 1 : 1 000.

Пособия и принадлежности: «Условные знаки для топографических планов масштабов 1 : 5 000, 1 : 1 000», журнал тахеометрической съемки, лист бумаги А3, транспортир, готовальня, карандаши твердости 3Т или 4Т, тушь, черная, коричневая и зеленая.

Построение и оформление плана съемки включает в себя следующие работы:

1. Вычисление отметок речных точек.

Журнал тахеометрической съемки

Номер точки наблюдения	Отсчеты по ГК	Расстояние $L = K \cdot n, м$	Отсчеты по ВК		Место нуля $МО = (КП + КЛ) / 2$	Углы наклона $v = МО - КП$ $v = КП - МО$	Горизонтал. проложение $S = L \cdot \cos^2 v$	Превышение $h' = 0,5L \cdot \sin^2 v$	Отметка пикета $H_{пк} = H_{ст} + h' + i - v$	Примечание (описание пикета)	
			КП	КЛ							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Станция № III											
$i=1,46$		$v=1,46$		$\alpha_{III-IV} = 307^{\circ}07,2$				$H_{ст,III} = 165,02$			
IV	0°										
1	$24^{\circ}30'$	94,4	$+1^{\circ}40'$	$-1^{\circ}40'$	$-0^{\circ}02'$		94,4		162,22		
2	$30^{\circ}50'$	106,0		$-0^{\circ}32'$			106,0		164,10	луг	
3	$43^{\circ}10'$	91,4		$-1^{\circ}29'$			91,4		162,71	кустарник	
4	$44^{\circ}50'$	56,0		$-4^{\circ}55'$			56,0		160,27	ручей, кустарник	
5	$54^{\circ}05'$	30,8		$-5^{\circ}16'$			30,8		162,22	кустарник	
6	$54^{\circ}30'$	116,6		$-1^{\circ}16'$			116,6		162,51	угол сада, луг	
7	$79^{\circ}50'$	117,4		$-1^{\circ}48'$			117,4		161,40	кустарник	
8	$90^{\circ}25'$	72,0		$-2^{\circ}28'$			72,0		161,97	кустарник	
9	$115^{\circ}20'$	21,3		$-1^{\circ}28'$			21,3		164,49		
10	$132^{\circ}10'$	57,5	$+3^{\circ}23'$	$-3^{\circ}25'$			57,5		161,63		
11	$206^{\circ}05'$	58,4		$-3^{\circ}38'$			58,4		161,36		
12	$266^{\circ}30'$	85,5		$-2^{\circ}41'$			85,5		161,07	луг, тропа	
13	$298^{\circ}15'$	79,8		$-2^{\circ}46'$			79,8		161,22	луг, тропа	
14	$302^{\circ}45'$	136,8		$-3^{\circ}08'$			136,8		157,63	ручей, урез воды	
15	$310^{\circ}00'$	110,3		$-3^{\circ}31'$			110,3		158,33	устье ручья	
16	$312^{\circ}30'$	40,3		$-2^{\circ}47'$			40,3		163,09		
17	$334^{\circ}45'$	91,2		$-3^{\circ}54'$			91,2		158,87	мост, ручей, тропа	
18	$342^{\circ}30'$	106,6		$-2^{\circ}22'$			106,6		160,68		
19	$356^{\circ}10'$	75,9		$-4^{\circ}21'$			75,9		159,32	ручей	
20	$359^{\circ}10'$	107,5		$-2^{\circ}29'$			107,5		160,43	луг	
IV	$0^{\circ}01'$										

2. Построение плана тахеометрической съемки

Задание выполняют на составленном плане теодолитной съемки в масштабе 1 : 1 000.

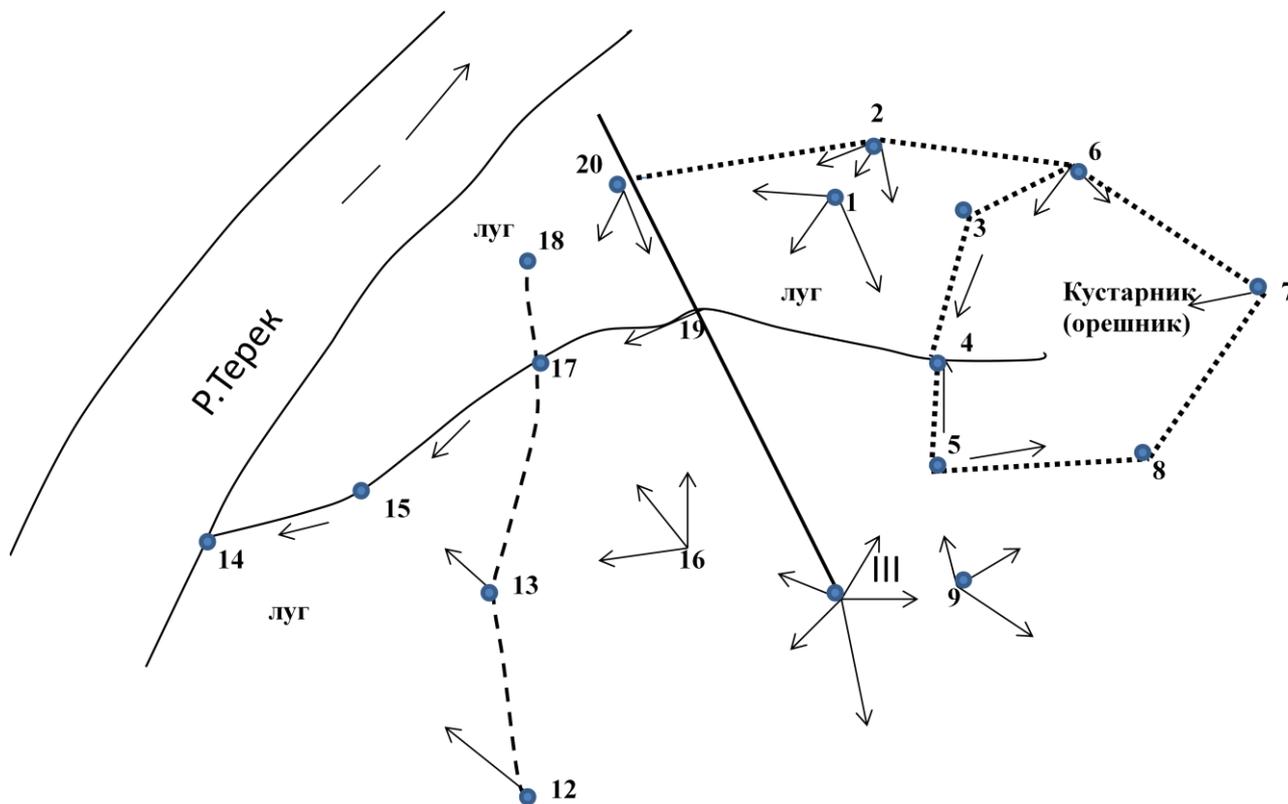


Рис. 14.1. Абрис тахеометрической съемки.

Станция III – точка съемочного обоснования, с которой проводили тахеометрическую съемку. Нуль лимба горизонтального круга ориентирован на станцию IV теодолитного хода. Транспортир прикладывают к точке III так, чтобы деление 0–180° совместилась с линией III–IV, и от нее по ходу часовой стрелки откладывают горизонтальные углы, соответствующие значениям отсчетов по ГК.

На полученных направлениях с помощью циркуля-измерителя и масштабной линейки откладывают в масштабе плана 1 : 1 000 соответствующие горизонтальные проложения. Отмечают точку и справа от нее ставят номер точки и отметку пикета.

Нанеся и проверив положение всех пикетных точек, приступают к построению ситуации, используя абрис тахеометрической съемки.

Задание № 1. Обработать журнал тахеометрической съемки.

Задание № 2. Построить ситуацию, используя абрис тахеометрической съемки.

НАНЕСЕНИЕ НА ПЛАН ПИКЕТНЫХ ТОЧЕК

Цель: изучить методику нанесения на план пикетных точек.

Пособия и принадлежности: «Условные знаки для топографических планов масштабов 1 : 5 000, 1 : 1 000», ведомости вычислений координат и высот точек теодолитного хода, лист бумаги А3, линейка Дробышева (ЛД-1), транспортир, готовальня, карандаши твердости 3Т или 4Т, тушь, черная, коричневая и зеленая.

Производство тахеометрической съемки

Тахеометрическая съемка выполняется с *пунктов съёмочного обоснования*, их называют **станциями**. Чаще всего в качестве съёмочного обоснования используют теодолитно-высотные ходы. Характерные точки ситуации и рельефа называют **реечными точками** или **пикетами**. Реечные точки на местности не закрепляют.

Для определения планового положения точек съёмочной сети измеряют горизонтальные углы и длины сторон. Длины измеряют землемерными лентами или стальными рулетками в прямом и обратном направлениях с точностью до сотых долей метра.

Высоты точек определяют тригонометрическим нивелированием. Углы наклона измеряют при двух положениях вертикального круга в прямом и обратном направлениях. Расхождение в превышениях допускается не больше 4 см на каждые 100 метров расстояния.

Работу на станции при тахеометрической съемке выполняют следующим образом.

Устанавливают теодолит в рабочее положение над точкой хода (центрируют и горизонтируют прибор), измеряют высоту прибора V , отмечают ее на рейке и записывают в журнал.

При круге право «П» наводят зрительную трубу на рейку, установленную на соседнюю (заднюю или переднюю) точку хода, и берут отсчет по вертикальному кругу. Далее переводят трубу через зенит и ориентируют лимб по стороне хода, т. е. по горизонтальному кругу устанавливают отсчет 0° , закрепляют алидаду и, вращая лимб, направляют зрительную трубу на рейку. Затем берут отсчет по вертикальному кругу при круге лево «Л» и вычисляют место нуля (MO) вертикального круга. Отсчеты и значение MO записывают в журнал.

После указанных действий приступают к съемке подробностей (характерных точек ситуации и рельефа) на станции, все измерения записывают в тахеометрический журнал.

На каждой станции одновременно с заполнением журнала составляется **абрис** – схематический чертеж, на котором зарисованы положения реечных точек с указанием их номеров, проведены контуры местности, указан скелет рельефа и подписаны уголья.

Скелет рельефа изображают в виде линий, соединяющих точки, между которыми на местности ровный скат, т. е. нет перегибов. Стрелками указывают направление ската. Четко выраженные формы рельефа иногда показывают на абрисе условными горизонталями. Контурные ситуации и снимаемые объекты обозначают условными знаками или надписями. Иногда абрис рисуют до начала съемки и затем уже ведут съемку в соответствии с абрисом. На реечные точки устанавливают рейку. При круге лево «Л» и ориентированном лимбе, вращая алидаду, последовательно наводят зрительную трубу на реечные точки, делают отсчеты по дальномерным нитям, горизонтальному и вертикальному кругам и записывают их в журнале. Средний штрих сетки нитей зрительной трубы наводят на высоту прибора, отмеченную на рейке. Если высота прибора на рейке не видна из-за помех, то наводят на любой отсчет на рейке (чаще всего кратный метрам или полуметрам, например: 2, 2,5 или 3 м). Высоту визирования l записывают в журнал.

После окончания съемки на станции зрительную трубу снова наводят на точку хода, по которой ориентировали теодолит, и берут отсчет по горизонтальному кругу. Расхождение между 0° и взятым отсчетом допускается не более $\pm 5'$.

Реечные точки должны равномерно покрывать территорию съемки. Расстояния от станции до реечных точек и расстояния между реечными точками не должны превышать допусков, указанных в инструкции по тахеометрической съемке.

Нанесение на план речных точек и ситуации по абрису

Нанесение на план речных точек производят по полярным углам из журнала тахеометрической съемки и полярным расстояниям. Полярные углы откладывают на станции геодезическим транспортиром в такой последовательности:

- устанавливают центр транспортира «0» на изображение станции на плане и совмещают нулевое деление транспортира со стороной съемочного обоснования, принятой за полярную ось;
- точками отмечают на плане отсчеты, соответствующие полярным углам со значением от 0 до 180° , и подписывают номера пикетов;
- последовательно прикладывают к полученным направлениям линейку с миллиметровыми делениями и откладывают по ней соответствующие полярные расстояния в масштабе плана;
- у полученных точек подписывают их номера и высоты, округляя их до 0,1 м;
- укладывают транспортир так, чтобы с полярной осью на станции совпал отсчет 180° , и откладывают полярные углы со значениями от 180° до 360° по внутренней оцифровке;
- откладывают по полученным направлениям полярные направления, отмечают и подписывают пикетные точки.

Вопрос для самоконтроля

Что такое интерполирование и как оно производится при построении горизонталей на плане?

Задание. Нанести на план речные точки и ситуацию по абрису.

ПОСТРОЕНИЕ СИТУАЦИИ И ПРОВЕДЕНИЕ ГОРИЗОНТАЛЕЙ

Цель: освоить методику построения ситуации и проведение горизонталей.

Пособия и принадлежности: «Условные знаки для топографических планов масштабов 1 : 5 000, 1 : 1 000», ведомости вычислений координат и высот точек теодолитного хода, лист бумаги А3, линейка Дробышева (ЛД-1), транспортир, готовальня, карандаши твердости 3Т или 4Т, тушь, черная, коричневая и зеленая.

Нанесение на план горизонталей

Для построения ситуации, сообразуясь с зарисовками на абрисе тахеометрической съемки по соответствующим реечным точкам, на плане проводят контуры угодий и предметов местности. Отдельные строения наносят на план с использованием результатов их обмера. Рельеф местности при тахеометрической съемке отображают горизонталями. Для этого по линиям равномерных скатов, обозначенных на абрисе стрелками, выполняют интерполяцию, т. е. получают промежуточные значения по известным значениям крайних точек.

Для определения местоположения точек с отметками применяют графический способ интерполирования. В данном способе на листе прозрачной бумаги (кальки) проводят через равные расстояния параллельные линии и подписывают их отметками горизонталей. Такой лист называют палеткой. Соединяя точки с одинаковыми отметками-линиями, скругленными в перегибах, получают горизонтали.

Горизонталь на местности можно представить как след, образованный пересечением поверхности воды с физической поверхностью Земли на изображаемом участке. Лучшим примером горизонталей на местности служит береговая линия стоячей воды.

Представим себе, что какой-нибудь холм весь залит водой и уровень воды имеет отметку 100 м относительно некоторого условного горизонта. Предположим теперь, что уровень воды упал на 5 м и часть холма обнажилась. Отметка нового уровня воды теперь 95 м. След, образованный пересечением этого уровня с поверхностью холма, и представляет 95-ю горизонталь на местности. Очевидно, это замкнутая кривая.

Уменьшенное изображение горизонтальной проекции этой кривой представит соответствующую горизонталь на плане. Предположим, что уровень воды еще упал на 5 м, тогда получим представление о следующей, 90-й горизонтали и т. д. В результате будем иметь на плане ряд замкнутых горизонталей, по виду и расположению которых можно судить о виде холма.

Разность высот двух последовательных горизонталей называется **ВЫСОТОЙ** сечения. В зависимости от масштаба, характера рельефа и назначения плана (карты) высоты сечения принимают равными 1, 2, 5, 10 м и т. д.

Чем меньше высота сечения, тем точнее должна быть выполнена работа по съемке рельефа. При детальном изображении слабо выраженного рельефа допускают и дробные интервалы между горизонталями, например, 0,2; 0,25; 0,5 м.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие приборы используют при тахеометрической съемке?
2. В чем заключается работа на станции при тахеометрической съемке?

Задание. Изобразить горизонтали на плане по данным, вычисленным на предыдущем практическом занятии.

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПО ПЛАНУ

Цель: освоить решение задач по плану.

Пособия и принадлежности: топографические планы масштабов 1 : 5 000, 1 : 1 000.

Определение высоты точки, расположенной между горизонталями

Требуется определить высоту H_c точки C , расположенной между горизонталями с высотами H_1 и H_2 . Через точку C проводят прямую, перпендикулярную горизонталям и по поперечному масштабу измеряют отрезки a и d . Высоту H_c находят по формуле:

$$H_c = H_1 + \Delta h,$$

где $\Delta h = (a / d)(H_2 - H_1)$.

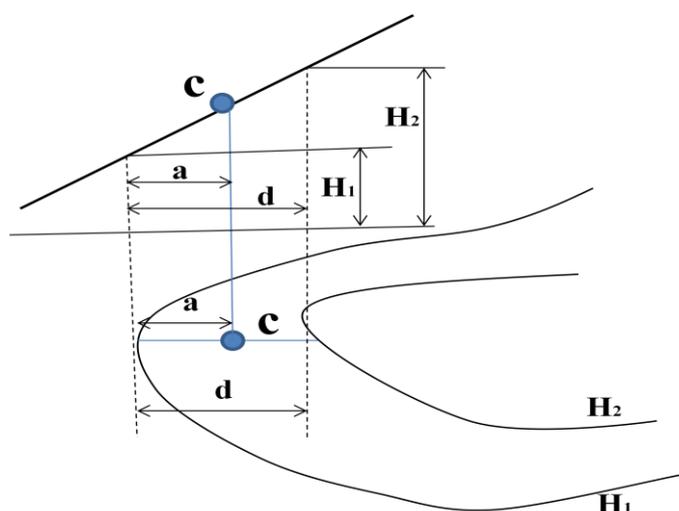


Рис. 17.1. Схема определения высоты точки на топографической карте.

Построение графиков заложений

Графики заложений строятся симметрично относительно координатной сетки в нижней части плана под чертежом. Строятся два графика: 1 – в уклонах; 2 – в углах наклона.

Исходной формулой построения является:

$$\operatorname{tg} v = \frac{h}{d},$$

где v – угол наклона;

h – высота сечения рельефа (в данном случае $h = 1$ м);

d – заложение (расстояние между соседними горизонталями).

Так как под углом i понимается тангенс угла наклона ($\operatorname{tg} v$), то мы можем написать $i = \frac{h}{d}$,

откуда $d = \frac{h}{i}$.

Задаваясь заранее определенными уклонами (от $i = 0,01$ до $i_n = 0,1$), можно составить следующую таблицу заложений:

$$d_1 = \frac{h}{0,01} = \frac{1 \text{ м}}{0,01} = 100 \text{ м}; \quad d_2 = \frac{1 \text{ м}}{0,02} = 50 \text{ м и т. д.}$$

0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,1
100 м	50 м	33 м							

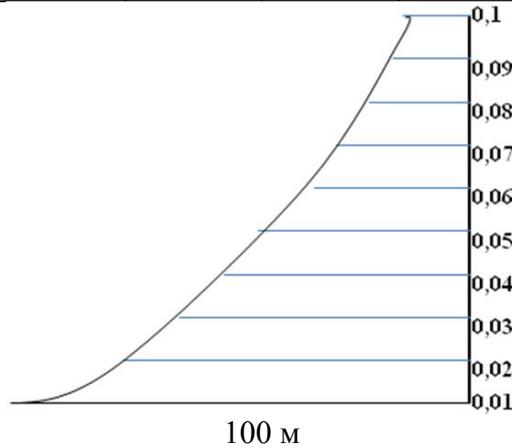


Рис. 17.2. График заложений.

Определение крутизны ската

Степень понижения или повышения местности, называемую крутизной ската, характеризуют углом наклона ν , который образует линию местности, например АВ, с горизонтальной плоскостью. Величину угла наклона определяют по диаграмме заложений, находящейся под южной рамкой карты. По горизонтальной оси диаграммы отложены значения углов наклона, а на перпендикулярах к ней – соответствующие им заложения в масштабе карты. Концы перпендикуляров соединены плавной кривой (гиперболой).

Для определения крутизны ската линии АВ местности в раствор циркуля берут заложение, одну иглу циркуля перемещают по горизонтальной оси диаграммы заложений до тех пор, пока другая игла не коснется кривой. В данном примере крутизна ската равна 14° .

Крутизну ската характеризуют также уклоном i , вычисляемым по формуле:

$$i = \operatorname{tg} \nu = h_0 / d_0,$$

где h_0 – высота сечения рельефа,
 d_0 – заложение рельефа на местности.

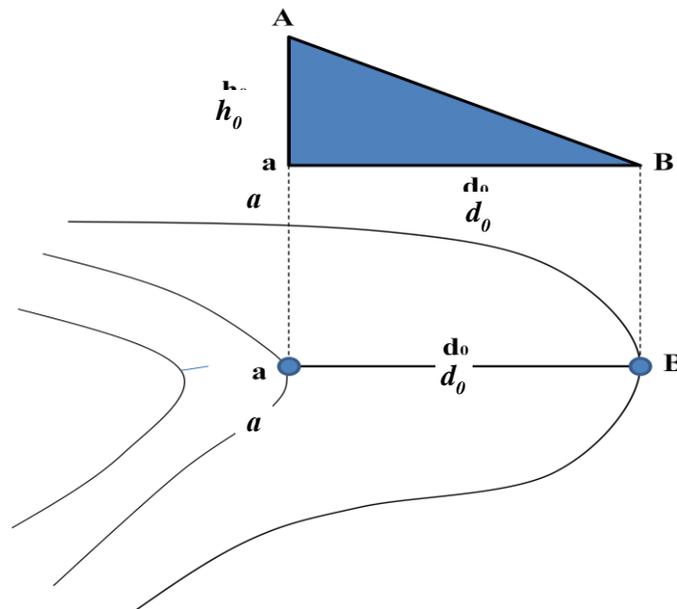


Рис. 17.3. Определение крутизны ската линии по масштабу заложения d линии АВ и угла наклона.

Построение профиля местности по заданному направлению

Пусть на карте масштаба 1 : 50 000 задано направление АВ, по которому нужно построить профиль. Точки пересечения линии с горизонталями и характерными точками рельефа – водотоком и водоразделом (на рисунке показаны пунктиром) – нумеруют. На листе миллиметровой бумаги строят графы расстояний и высот. В графу расстояний переносят с карты точки пересечения и выписывают длины интервалов между ними на местности. Высоты точек записывают в соответствующую графу; в этих точках от линии условного горизонта восставляют перпендикуляры и откладывают на них высоты в вертикальном масштабе, крупнее горизонтального, т. е. в масштабе 1 : 1 000. Концы перпендикуляров соединяют плавной линией.

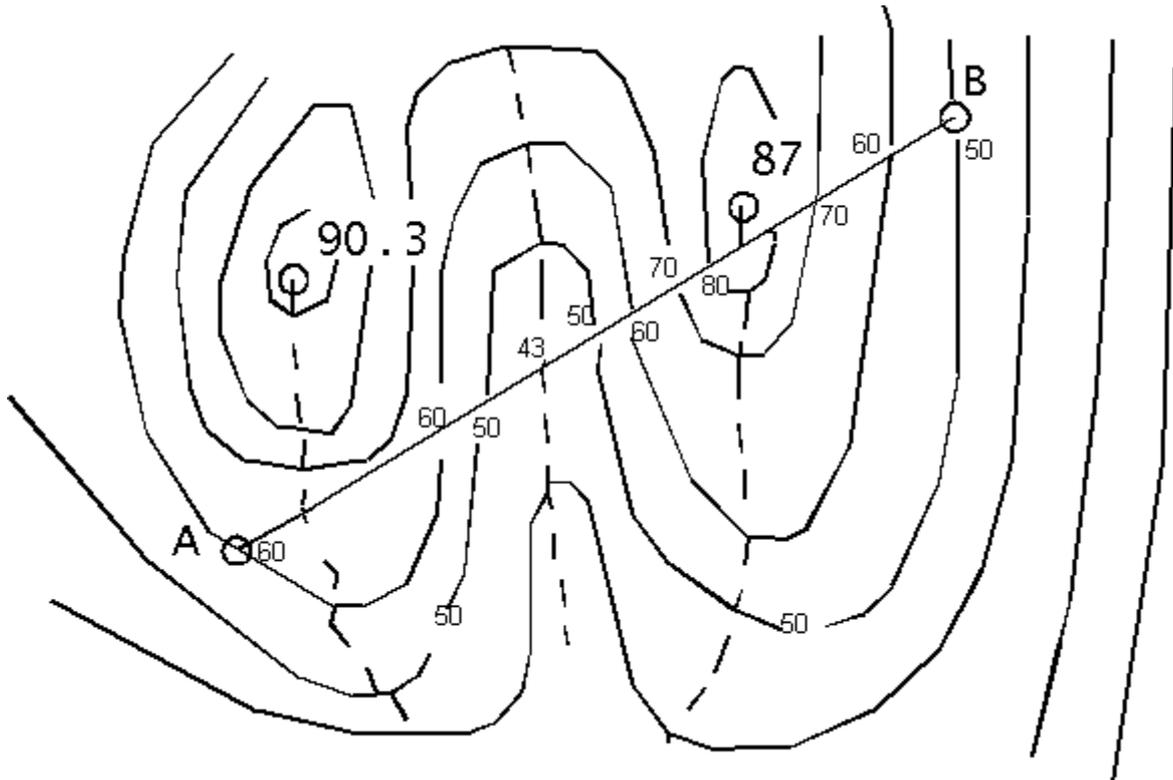


Рис. 17.4. Сечение рельефа сплошными горизонталями через 10 м. М 1 : 50 000.

Масштабы профиля:

1. Горизонтальный 1 : 50 000;
2. Вертикальный 1 : 1 000.

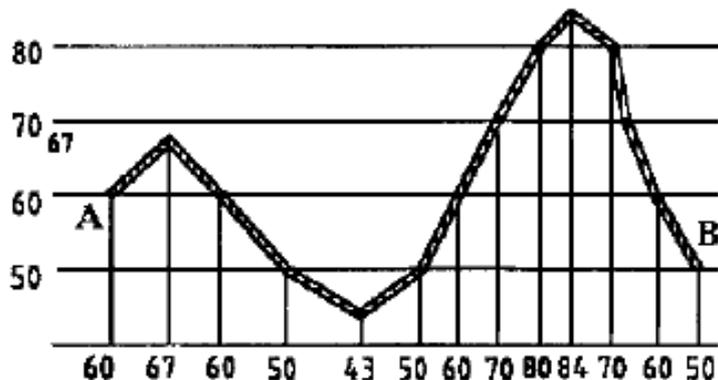


Рис. 17.5. Построение продольного профиля.

Задание № 1. Определить высоту точки, расположенной между горизонталями.

Задание № 2. Построить график заложений.

Задание № 3. Определить крутизну ската.

Задание № 3. Построить профиль местности по заданному направлению.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие высоты точек Вам известны?
2. Что такое заложение?

Л и т е р а т у р а

1. Инженерная геодезия: Учебник для вузов / Под ред. Д. Ш. Михелева. М.: Академия, 2008.
2. *Парамонов А. Г.* Геодезия: Учебное пособие. М.: Макс Пресс, 2008.
3. Куштин И. Ф. Геодезия: Учебно-практическое пособие. М.: Феникс, 2009.
4. Федотов Г. А. Инженерная геодезия: Учебник для вузов. М.: Высшая школа, 2009.
5. Попов В. Н., Чекалин С. И. Геодезия: Учебник для вузов. М.: Горная книга, 2007.

Информационно-справочные и поисковые системы

1. Научная электронная библиотека <http://www.eLibrary.ru/>
2. Официальный сайт НТБ СКГМИ (ГТУ) <http://lib.skgmi-gtu.ru/>
3. Поисковые системы: <http://www.google.ru/>; <http://www.yandex.ru/>; <http://www.rambler.ru/>
4. Российская государственная библиотека <http://www.rsl.ru>
5. Российская национальная библиотека <http://www.nlr.ru>
6. Геодезия: <http://160768.umi.ru/>

Содержание

Лабораторные занятия

по дисциплине «Геодезия» для студентов специальности
130400.65 «Горное дело» (ГИ)

Лабораторное занятие 1. Теодолит. Устройство и работа	4
Лабораторное занятие 2. Поверки и юстировки теодолита	6
Лабораторное занятие 3. Обработка угловых измерений в замкнутом полигоне. Вычисление дирекционных углов и румбов сторон замкнутого полигона	11
Лабораторное занятие 4. Обработка линейных измерений по замкнутому полигону. Вычисление и увязка приращений прямоугольных координат.....	13
Лабораторное занятие 5. Определения координат и высот вершин опорного полигона. Построение полигона по координатам вершин	16
Лабораторное занятие 6. Нивелир. Устройство и работа.....	21
Лабораторное занятие 7. Построение и оформление плана съемки. Обработка журнала тахеометрической съемки	23
Лабораторное занятие 8. Построение и оформление плана съемки. Нанесение на план речных точек и ситуации по абрису. Нанесение на план горизонталей	25
Лабораторное занятие 9. Решение задач по плану.....	26

Практические занятия по дисциплине «Основы геодезии и топографии» для студентов специальности 130101.65 «Прикладная геология» (РМ)

Практическое занятие 1. Теодолит. Устройство и работа	30
Практическое занятие 2. Поверки юстировки теодолитов. Способы измерения горизонтальных углов	32
Практическое занятие 3. Вычисления горизонтальных и вертикальных углов	34
Практическое занятие 4. Определение превышений в журнале измерения углов и длин линий.....	35
Практическое занятие 5. Уравнивание горизонтальных углов	37
Практическое занятие 6. Вычисление дирекционных углов.....	38
Практическое занятие 7. Нивелир. Устройство и работа	39
Практическое занятие 8. Вычисление горизонтальной проекции наклонной линии местности.....	41
Практическое занятие 9. Определение координат и высот пунктов теодолитно-высотного хода.....	43
Практическое занятие 10. Построение координатной сетки и нанесение вершин теодолитно-высотного хода	47
Практическое занятие 11. Построение плана топографической съемки (часть 1).....	49
Практическое занятие 12. Построение плана топографической съемки (часть 2).....	51
Практическое занятие 13. Условные обозначения топографических материалов	52
Практическое занятие 14. Обработка журнала тахеометрической съемки.....	53
Практическое занятие 15. Нанесение на план пикетных точек	55
Практическое занятие 16. Построение ситуации и проведение горизонталей.....	57
Практическое занятие 17. Решение задач по плану	58
Литература и поисковые системы.....	62

Учебное издание

ОСНОВЫ ГЕОДЕЗИИ И ТОПОГРАФИИ

**Раздел «Создание планово-высотного
съёмочного обоснования»**

Методическое пособие

Составитель
ЕНАЛДИЕВА Мадина Анатольевна

Редактор: *Хадарцева Ф. С.*

Компьютерная верстка: *Кравчук Т. А.*

Подписано в печать 20.05.2015. Формат бумаги 60x84 ¹/₈. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».
Печать на ризографе. Усл. п.л. 7,44. Уч.-изд.л. 3,33. Тираж 30 экз. Заказ № _____.
Северо-Кавказский горно-металлургический институт
(государственный технологический университет). Изд-во «Терек».
Отпечатано в отделе оперативной полиграфии СКГМИ (ГТУ).