

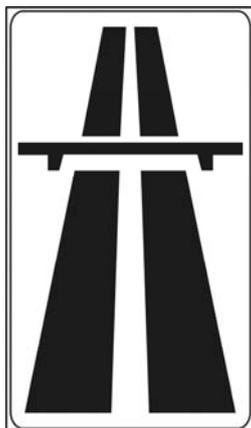
МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Автомобильные дороги»

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДЕЗИЯ

*Методические рекомендации к лабораторным работам
для студентов специальности
6-05-0732-02 «Экспертиза и управление недвижимостью»
дневной формы обучения*

Часть 1



Могилев 2026

УДК 528.48
ББК 26.1
И62

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Автомобильные дороги» «5» декабря 2025 г.,
протокол № 5

Составитель ст. преподаватель Н. В. Курочкин

Рецензент канд. техн. наук, доц. С. В. Данилов

Методические рекомендации к лабораторным работам предназначены для студентов специальности 6-05-0732-02 «Экспертиза и управление недвижимостью» дневной формы обучения. Рассматриваются решения задач на карте и плане, устройство теодолита и его поверки, методика измерения горизонтальных и вертикальных углов, магнитных азимутов, расстояний по нитяному дальномеру, устройство и работа с электронным тахеометром Trimble M3.

Учебное издание

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДЕЗИЯ

Часть 1

Ответственный за выпуск	А. М. Брановицкий
Корректор	И. В. Голубцова
Компьютерная верстка	Н. П. Полевничая

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 26 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 07.03.2019.
Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский
университет, 2026

Содержание

1 Требования к оформлению отчетов о выполненных работах.....	4
2 Лабораторная работа № 1. Решение задач на карте и плане.....	4
3 Лабораторная работа № 2. Устройство теодолита и производство от- счетов.....	9
4 Лабораторная работа № 3. Измерение горизонтальных углов.....	13
5 Лабораторная работа № 4. Поверки теодолита.....	15
6 Лабораторная работа № 5. Измерение вертикальных углов. Измере- ние магнитных азимутов. Измерение расстояний нитяным дальномером.....	19
7 Лабораторная работа № 6. Устройство электронного тахеометра Trimble M3 и производство измерений. Тахеометрическая съемка элек- тронным тахеометром Trimble M3.....	22
Приложение А.....	34

1 Требования к оформлению отчетов о выполненных работах

Результаты каждой работы оформляются в виде отчета. Отчеты должны быть написаны на одной стороне листов писчей бумаги формата А4 чертежным шрифтом. На листах вычерчиваются рамка и основные надписи, предназначенные для текстовых материалов, по СТБ 2255–2012 *Система проектной документации для строительства. Основные требования к документации строительного проекта* (приложение А). Оформление отчетов должно соответствовать ГОСТ 2.105–95 *Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам*.

В методических рекомендациях указано к каждой работе, какие результаты должны быть представлены в отчете.

2 Лабораторная работа № 1. Решение задач на карте и плане

Цель работы: изучить методику решения на картах и планах отдельных задач по определению координат точек, отметок точек, дирекционных углов, азимутов, румбов, уклона линии и построению продольного профиля линии.

При выполнении работы студенты должны изучить условные знаки и научиться читать топографические карты.

2.1 Определение географических и прямоугольных координат точек на карте

Линиями рамки листа топографической карты с запада и востока являются истинные меридианы, а с севера и юга – параллели. Долгота этих меридианов и широта параллелей указаны в нижних и верхних углах рамки карты. Рамка топографической карты черными и белыми полосами разбита на минуты, которые, в свою очередь, разделены на десятки секунд (обозначены точками). Для определения географических координат около заданной точки, используя минутную рамку, проводят линии ближайших к ней меридиана и параллели. Затем через заданную точку, ориентируясь по этим ближайшим линиям, проводят истинный меридиан и параллель. Пользуясь шкалой на северной или южной рамке карты, определяют долготу точки, а по шкале на боковой рамке – широту точки.

Для определения прямоугольных координат точек на карте нанесена координатная (километровая) сетка. Вертикальные линии этой сетки параллельны осевому меридиану зоны, горизонтальные – экватору. Надписи у горизонтальных линий указывают в километрах расстояния до них от экватора – координаты X . Надписи у вертикальных линий – координаты Y . Они складываются из двух элементов: первые одна-две цифры означают номер зоны, к которой относится топографическая карта, остальные три цифры задают

приведенную ординату. Эта ордината указывает число километров, на которые вертикальные линии удалены от оси абсцисс. Ось абсцисс смещена на 500 км к западу от осевого меридиана зоны.

Для определения прямоугольных координат точки на плане или карте через эту точку проводят линии параллельно линиям координатной сетки (рисунок 2.1). По оцифровке координатной сетки на рамке плана или карты определяют абсциссы X_n , X_{n+1} и ординаты Y_n , Y_{n+1} сторон квадрата. Измеряют отрезки a или b и c или d .

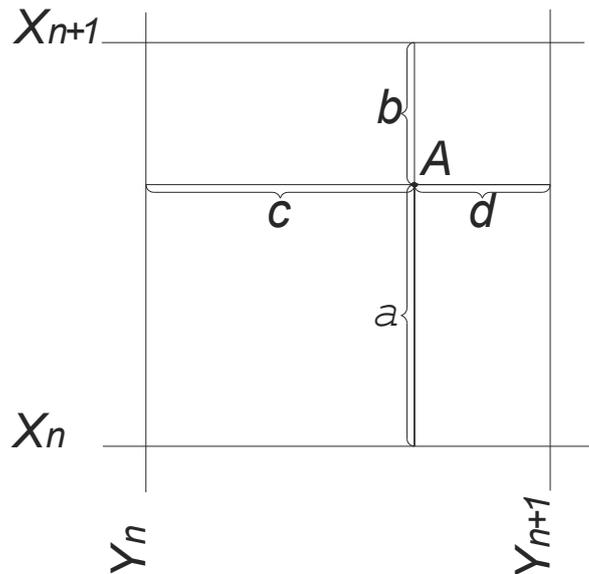


Рисунок 2.1 – Определение прямоугольных координат точки

Координаты точки A вычисляют по формулам

$$X_A = X_n + a \quad \text{или} \quad X_A = X_{n+1} - b;$$

$$Y_A = Y_n + c \quad \text{или} \quad Y_A = Y_{n+1} + d.$$

Примеры определения географических и прямоугольных координат приведены на карте (масштаб 1:50000).

Полученные значения координат следует представить в виде таблицы 2.1.

Таблица 2.1 – Географические и прямоугольные координаты точек

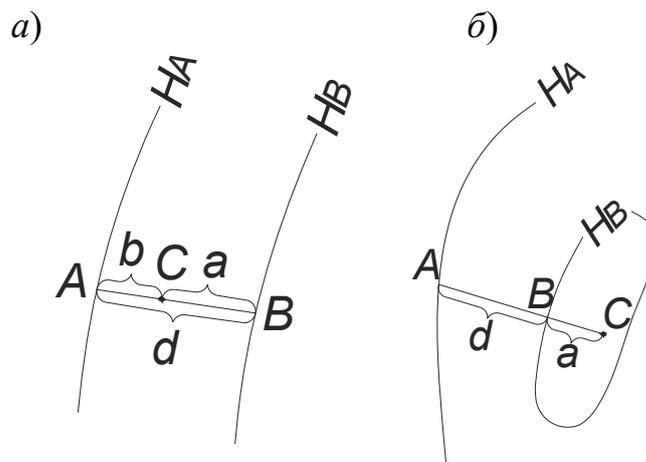
Точка	Географическая координата		Прямоугольная координата, м	
	Долгота λ	Широта φ	X	Y
1				
2				
3				

2.2 Определение отметок точек

На топографических картах и планах рельеф местности изображают замкнутыми кривыми линиями, называемыми горизонталями. Как получаются эти горизонталы показано на рисунке, приведенном на карте (масштаб 1:50000).

Под южной рамкой карты ниже масштаба указывается высота сечения рельефа.

Отметку точки H находят с помощью горизонталей. Если точка задана на горизонтали, то ее отметка равна отметке горизонтали. Если точка C находится между горизонталями (рисунок 2.2), то ее отметка определяется методом интерполяции или экстраполяции, считая, что высота между соседними горизонталями изменяется пропорционально заложению.



a – методом интерполяции; b – методом экстраполяции

Рисунок 2.2 – Определение отметок точек

Отметки точек вычисляют по формулам:

– методом интерполяции

$$H_C = H_B + \frac{a}{d} \cdot h_p \quad \text{или} \quad H_C = H_A + \frac{b}{d} \cdot h_p;$$

– методом экстраполяции

$$H_C = H_B + \frac{a}{d} \cdot h_p,$$

где H_A, H_B – отметки ближайших к точке C горизонталей;

a, b – расстояния от точки C до ближайших горизонталей;

d – заложение;

h_p – высота сечения рельефа.

2.3 Определение дирекционных углов, азимутов, румбов

Дирекционный угол α измеряют транспортиром непосредственно на карте, а магнитный A_M и истинный A азимуты измеряют на местности или вычисляют по измеренному дирекционному углу, используя склонение магнитной стрелки δ и сближение меридианов γ .

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

Величины δ и γ и график направлений приводятся в левом нижнем углу карты. Значения δ и γ принимают положительными, если они имеют наименование «восточный», и отрицательными – при наименовании «западный».

Если требуется измерить истинный азимут на карте, то через начальную точку заданного направления следует провести истинный меридиан.

Дополнительные пояснения к определению дирекционных углов и азимутов даны на карте (масштаб 1:50000).

Для ориентирования линий только острыми углами применяют румбы. Румбом называется угол, составленный данной линией с ближайшим северным или южным направлением меридиана. Величина румба сопровождается названием соответствующего направления. Например, ЮЗ:35°11'. В таблице 2.2 приведена взаимосвязь румбов и дирекционных углов.

Таблица 2.2 – Связь между румбами и дирекционными углами

Четверть	СВ	ЮВ	ЮЗ	СЗ
Величина румба по дирекционному углу	$r = \alpha$	$r = 180^\circ - \alpha$	$r = \alpha - 180^\circ$	$r = 360^\circ - \alpha$

Румбы, определенные по дирекционному углу, называют осевыми, по магнитному азимуту – магнитными, по истинному азимуту – истинными.

Полученные значения углов следует дать в виде таблицы 2.3.

Таблица 2.3 – Дирекционные углы, азимуты, румбы

Направление	α	A	A_M	r
1-2				
2-3				
3-1				

Следует также на карте в точке 1 составить чертеж главных направлений (оси абсцисс, истинного и магнитного меридианов) и выписать на нем численные значения величин δ и γ .

2.4 Определение уклона линии

Уклон линии выражают через тангенс угла ν наклона ее к горизонтальной плоскости:

$$i = \operatorname{tg} \nu.$$

Уклон линии AB определяют по формуле

$$i_{A-B} = \frac{H_B - H_A}{d} = \frac{h}{d},$$

где h – превышение точки B над точкой A , м;

d – горизонтальное проложение линии, м.

Уклон линии выражают в виде десятичной дроби, или в сотых долях (процентах, %), или в тысячных долях (промилле, ‰). Например, $i = 0,013 = 1,3 \% = 13 \text{ ‰}$.

2.5 Построение продольного профиля линии по карте

Профилем называется чертеж, изображающий разрез местности вертикальной плоскости.

Для построения продольного профиля линии надо знать отметки поверхности земли в точках этой линии. Рассмотрим построение профиля по карте.

Для этого к заданной на карте линии прикладывают лист бумаги. Переносят на его край короткими черточками места пересечения горизонталей с линией и записывают у этих мест отметки.

Для продольного профиля принимают масштабы: горизонтальный – равный масштабу карты; вертикальный – в 10 раз крупнее.

Для построения продольного профиля на листе миллиметровой бумаги вычерчивают графу «Отметка земли» (рисунок 2.3).

К верхней линии этой графы прикладывают лист с выписанными отметками точек и восстанавливают из них перпендикуляры. Таким образом, расстояния между перпендикулярами соответствуют расстояниям между точками на карте. Перпендикуляры эти называют ординатами линии продольного профиля. Записывают в графу у соответствующих ординат отметки земли. С учетом вертикального масштаба на ординатах наносят отметки земли. Соединяют их прямыми и получают линию продольного профиля.

Отчет по выполненной работе должен содержать результаты решения перечисленных задач. Точки, направления и линии задаются преподавателем на карте.

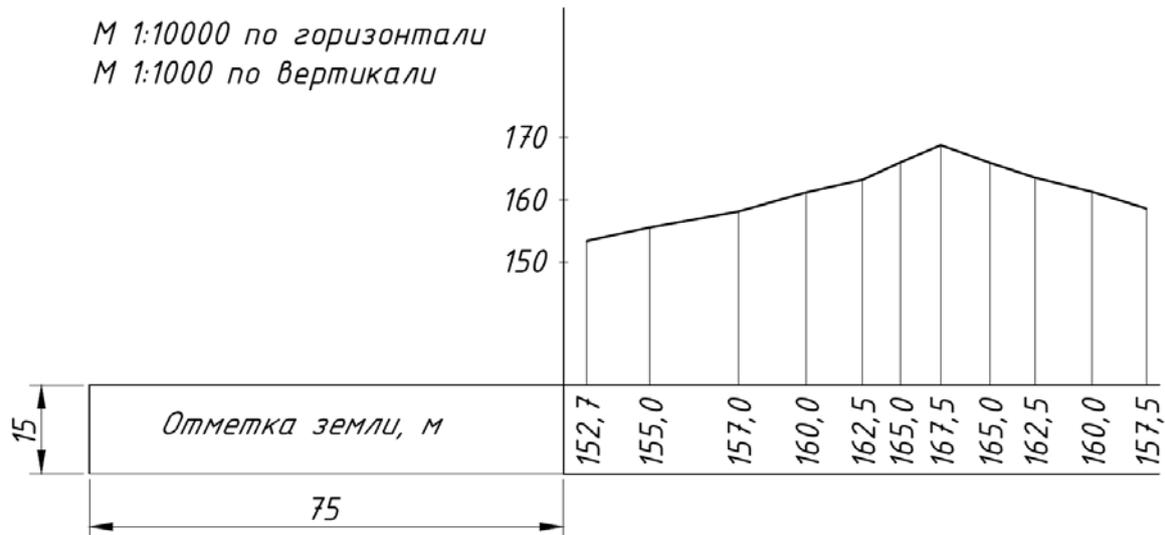


Рисунок 2.3 – Продольный профиль линии

Контрольные вопросы

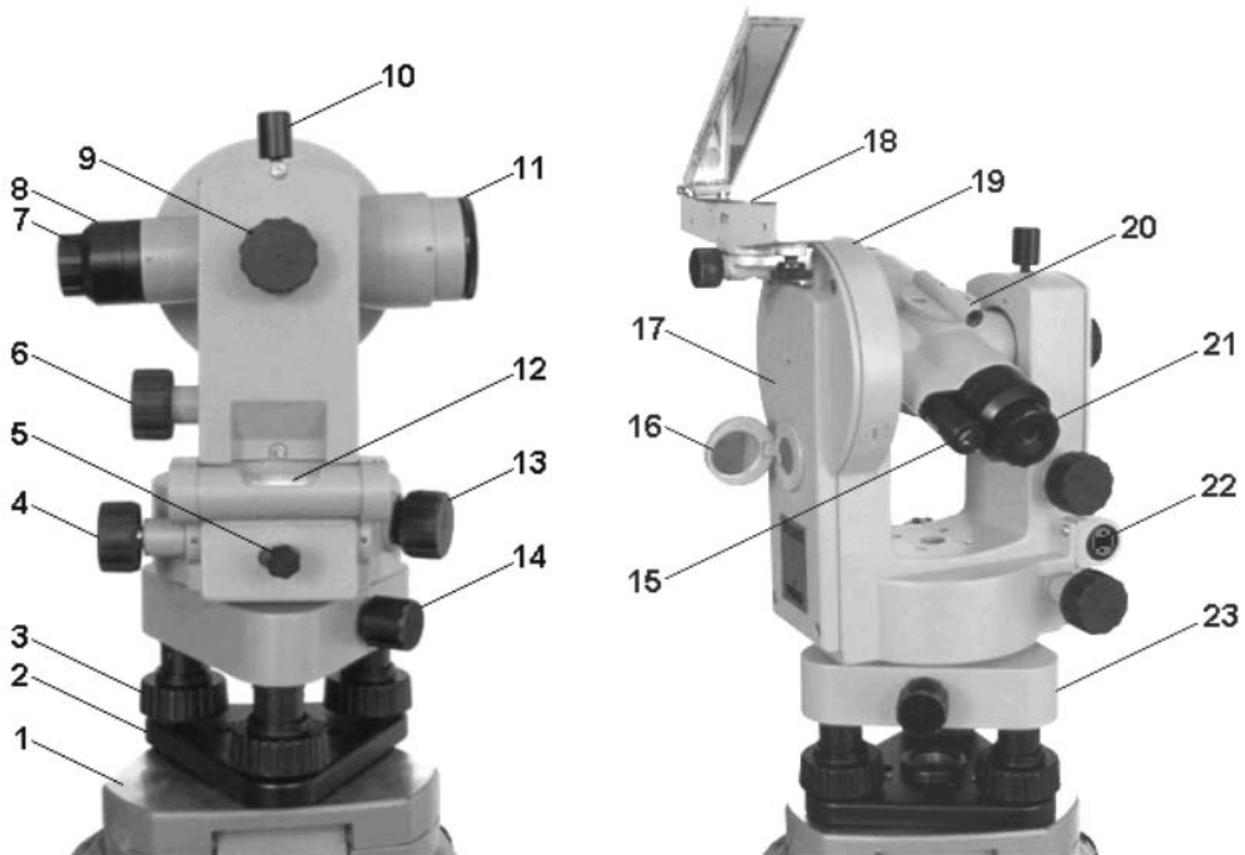
- 1 Как определить прямоугольные координаты точки?
- 2 Как определить отметку точки?
- 3 Как определить на карте дирекционный угол?
- 4 Перечислите свойства горизонталей.
- 5 Как определить уклон линии на карте?

3 Лабораторная работа № 2. Устройство теодолита и производство отсчетов

Цель работы: изучить основные части теодолита, их назначение и взаимодействие; научиться производить отсчеты по горизонтальному и вертикальному кругам.

Теодолит 4Т30П предназначен для измерения горизонтальных и вертикальных углов, расстояний с помощью нитяного дальномера, магнитных азимутов по ориентир-буссоли.

На рисунке 3.1 показаны основные части теодолита. В корпусе находится горизонтальный круг, на котором нанесена круговая шкала – лимб. Над горизонтальным кругом располагается алидада, вращающаяся вокруг вертикальной оси. Совместно с ней вокруг вертикальной оси вращается зрительная труба. В корпусе 19 находится вертикальный круг с нанесенным лимбом. Кроме того, на рисунке 3.1 показаны микроскоп 15 для снятия отсчетов по горизонтальному и вертикальному кругам, зеркало 16 для освещения поля зрения микроскопа, уровень при алидаде 12, оптический визир 20, подставка 23.



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 – наводящий винт лимба; 14 – закрепительный винт подставки; 15 – окуляр отсчетного микроскопа с диоптрийным кольцом; 16 – зеркальце для подсветки штрихов отсчетного микроскопа; 17 – колонка; 18 – ориентир-буссоль; 19 – вертикальный круг; 20 – оптический визир; 21 – диоптрийное кольцо окуляра зрительной трубы; 22 – исправительные винты цилиндрического уровня; 23 – подставка

Рисунок 3.1 – Теодолит 4Т30П

Алидаду и зрительную трубу в определенном положении закрепляют соответствующими закрепительными винтами 5, 10. Для плавного перемещения горизонтального круга и алидады служат соответственно наводящие винты 13, 4, а для плавного перемещения зрительной трубы в вертикальной плоскости – наводящий винт 6.

Наводящие винты работают только при зажатых закрепительных винтах. Для приведения оси теодолита в вертикальное положение служат цилиндрический уровень 12 при алидаде горизонтального круга и три подъемных винта 3 подставки 23. Крепится теодолит на штативе основанием 2 с помощью станочного винта.

С помощью диоптрийного кольца 21 окуляра устанавливается резкость нитей сетки. Затем кремальерой 9 добиваются резкого изображения визирной цели. Сетку нитей наблюдатель устанавливает на резкость один раз для себя.

Фокусировку на цель приходится менять в зависимости от расстояния до нее. Если перемещение глаза наблюдателя перед окуляром приводит к перемещению изображения цели относительно сетки нитей, то это значит, что плоскости изображения цели и сетки не совпадают. Кажущееся передвижение изображения цели при перемещении глаза перед окуляром называется параллаксом нитей. Он устраняется незначительным вращением окуляра.

С помощью оптического визира *20* производят предварительное наведение зрительной трубы на цель.

Для определения магнитного азимута при положении «круг лево» на вертикальный круг теодолита устанавливается ориентир-буссоль *18*.

Ось лимба теодолита пустотелая, что позволяет центрировать теодолит над точкой с помощью зрительной трубы, установленной в надир.

На рисунке 3.2 показано схематическое расположение основных осей теодолита. VV_1 – вертикальная ось вращения теодолита; LL_1 – ось цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга; TT_1 – ось вращения зрительной трубы; KK_1 – визирная ось.

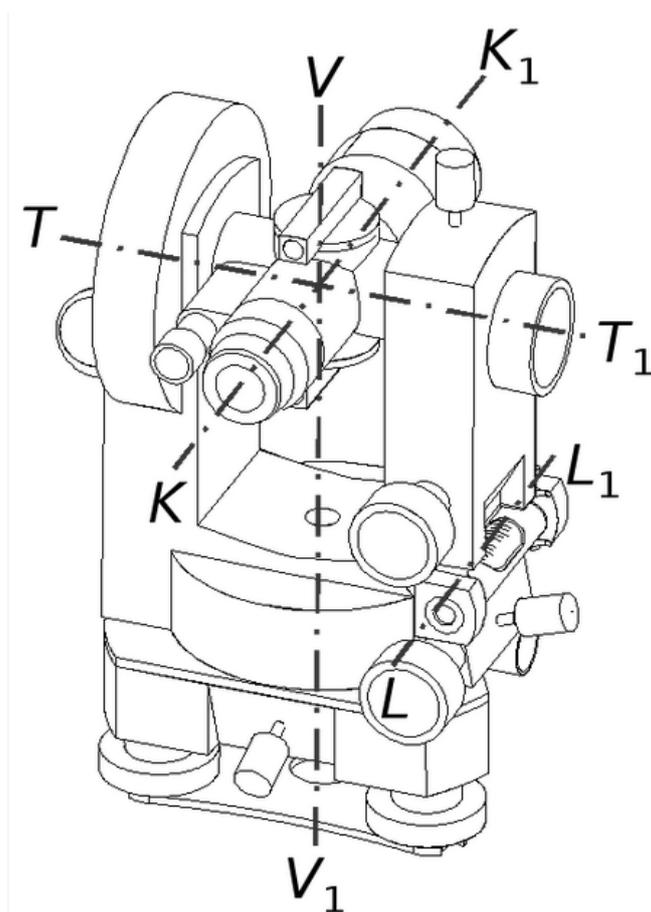


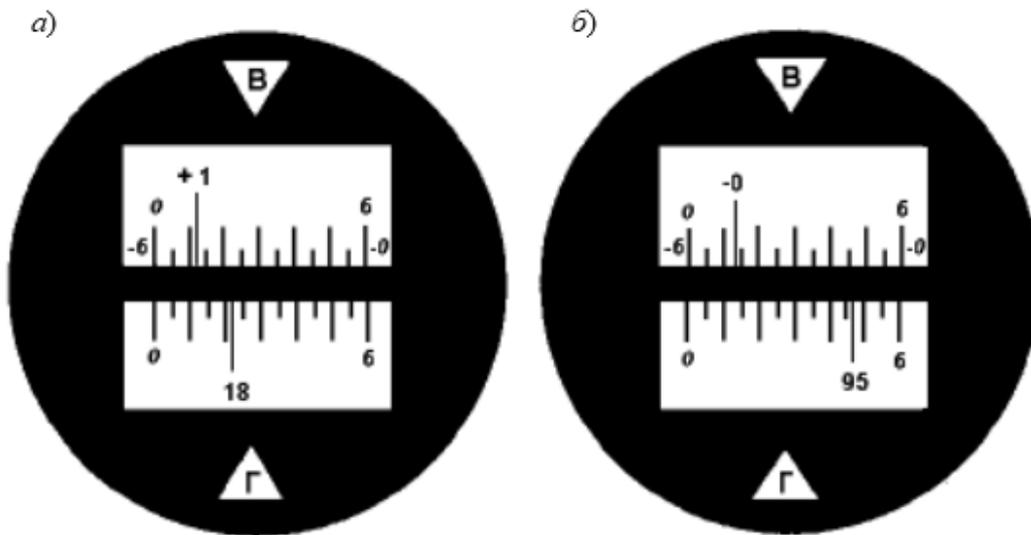
Рисунок 3.2 – Основные оси теодолита

В отвесное положение вертикальная ось вращения теодолита приводится следующим образом. Уровень при горизонтальном круге устанавливается параллельно прямой, соединяющей два подъемных винта. Одновременным вращением их в противоположные стороны пузырек уровня приводится на

середины. Алидада поворачивается на 90° и пузырек снова приводится на середину третьим подъемным винтом. Для контроля действия повторяют.

Горизонтальный и вертикальный круги разделены через 1° . Горизонтальный круг имеет круговую оцифровку от 0° до 359° , а вертикальный – секторную от 0° до 75° и от -0° до -75° . Изображения штрихов и цифр обоих кругов передаются в поле зрения микроскопа. Окуляр микроскопа устанавливается по глазу вращением диоптрийного кольца до появления четкого изображения шкал.

В верхней части поля зрения отсчетного микроскопа, обозначенной буквой «В» (рисунок 3.3), видны штрихи лимба вертикального круга; в нижней, обозначенной буквой «Г», – штрихи лимба горизонтального круга.



a – отсчет по вертикальному кругу $1^\circ 11,5'$, отсчет по горизонтальному кругу $18^\circ 22'$;
б – отсчет по вертикальному кругу минус $0^\circ 46,5'$, отсчет по горизонтальному кругу $95^\circ 47'$

Рисунок 3.3 – Поле зрения микроскопа теодолита 4Т30П

Отсчеты производят по шкалам, цена деления которых соответствует $5'$, с точностью до $0,5'$. Индексом для отсчитывания служит штрих лимба. Шкала для вертикального круга имеет два ряда цифр. По нижнему ряду цифр со знаком « \rightarrow » берут отсчет в том случае, когда в пределах шкалы находится штрих лимба также со знаком « \rightarrow ».

После изучения устройства теодолита следует:

- перечислить в отчете основные части и основные винты теодолита;
- научиться устанавливать вертикальную ось теодолита в отвесное положение с помощью цилиндрического уровня горизонтального круга;
- научиться наводить на точку с помощью оптического визира;
- научиться визировать на точку центром сетки нитей трубы;
- изучить отсчетные приспособления теодолита и научиться делать по ним отсчеты; отметить в отчете цену деления лимба, цену деления шкалы микроскопа, точность отсчетов;
- последовательно навести центр сетки нитей зрительной трубы на три

точки и записать отсчеты по горизонтальному и вертикальному кругам;
– зарисовать поле зрения микроскопа при одном из наведений.

Контрольные вопросы

- 1 Для чего предназначен теодолит?
- 2 Из каких основных частей состоит теодолит?
- 3 Как снимают отсчеты с теодолита?
- 4 Как производят горизонтирование?

4 Лабораторная работа № 3. Измерение горизонтальных углов

Цель работы: изучить методику измерения горизонтальных углов и обработки полученных результатов; приобрести навыки в измерении углов.

Для измерения горизонтального угла необходимо взять отсчеты на точки *B* и *C*, направления на которые являются сторонами угла (рисунок 4.1).

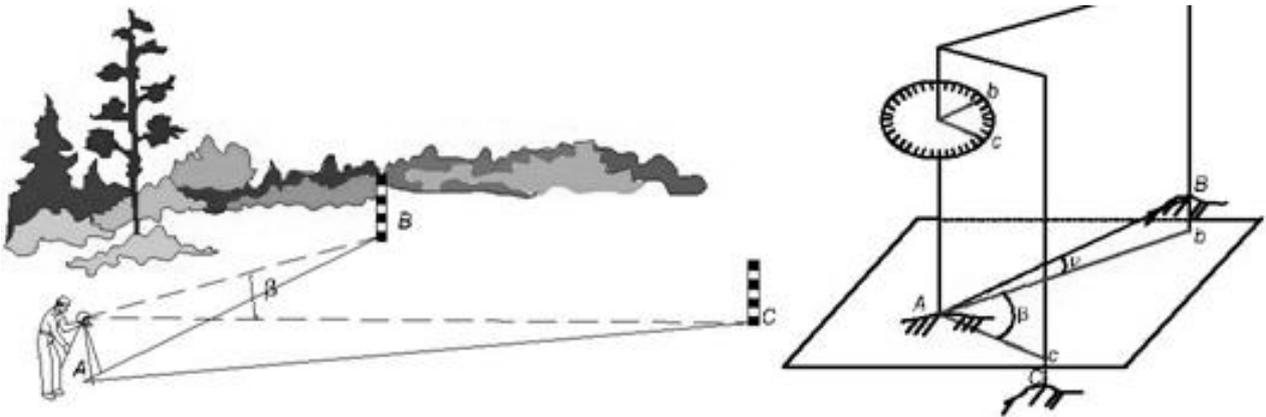


Рисунок 4.1 – Схема измеряемого горизонтального угла

Вначале берут отсчет на правую точку *C*, а затем – на левую *B*. Угол вычисляют как разность отсчетов на эти точки. Однократное измерение угла при одном положении вертикального круга составляет полуприем. Два таких измерения при разных положениях вертикального круга (*КЛ* и *КП*) дают полный прием.

Перед измерением угла теодолит приводят в рабочее положение над точкой *A* – вершиной измеряемого угла. Для этого штатив устанавливают так, чтобы плоскость его головки была приблизительно горизонтальна, а центр отверстия головки находился над вершиной угла. Закрепляют теодолит на штативе и подвешивают на крючок станového винта нитяной отвес. Отвес должен располагаться чуть выше точки *A*. Приступают к центрированию. При ослабленном станovém винте передвигают теодолит по головке штатива и добиваются необ-

ходимой точности центрирования. Затем теодолит горизонтируют, т. е. приводят вертикальную ось вращения теодолита в отвесное положение. После этого окулярным кольцом фокусируют зрительную трубу так, чтобы она давала отчетливое изображение сетки нитей, а кремальерой добиваются четкого изображения наблюдаемого предмета.

За точками *B* и *C* устанавливают вешки. При короткой стороне угла на точке устанавливают шпильку. Для лучшего опознавания можно прикрепить на ней листок бумаги.

Угол измеряют при закрепленном лимбе. Выполняют первый полуприем при *KL*. Наводят зрительную трубу на точку *C* сначала приблизительно, с помощью оптического визира, и закрепляют алидаду и зрительную трубу закрепительными винтами. Затем осуществляют точное наведение, действуя наводящими винтами алидады и зрительной трубы. Для исключения влияния наклона вехи визируют на ее основание. С помощью микроскопа производят отсчет по горизонтальному кругу и записывают его в журнал (таблица 4.1).

Таблица 4.1 – Журнал измерения горизонтальных углов

Дата « _____ » 202 ____ г. Теодолит № _____

Станция	Точка визирования	Отсчет	Угол	Среднее значение угла
	С			
А				
	В			
	С			
А				
	В			

Открепляют закрепительные винты трубы и алидады и наводят зрительную трубу на точку *B*. Отсчет записывают в журнал.

Разность отсчетов по точкам *C* (правой) и *B* (левой) дает значение горизонтального угла при первом полуприеме. Если отсчет на точку *C* меньше отсчета на точку *B*, то к отсчету на точку *C* следует прибавить 360° .

Перед вторым полуприемом необходимо сбить лимб примерно на $1^\circ \dots 2^\circ$ вращением наводящего винта лимба. У теодолита 4Т30П перестановку участков горизонтального круга между полуприемами проводят рукояткой перевода лимба после нажатия на нее вдоль оси вращения. Переводят трубу через зенит и выполняют второй полуприем при *KII*, производя действия в указанном выше порядке.

Расхождение значений горизонтального угла из двух полуприемов не должно превышать двойной точности отсчета ($1'$). Если это требование выполняется, за окончательное значение угла принимают среднее из двух полуприемов.

Записи в журналах измерений необходимо вести четко и аккуратно. Исправления и подчистки записей отсчетов и вычислений в журналах катего-

рически запрещены. Неверно записанные результаты зачеркивают одной чертой, а правильные вписывают сверху.

В отчете должны быть представлены:

- схема измеряемого угла;
- журнал измерения горизонтальных углов с обработанными результатами.

Контрольные вопросы

- 1 Как производят центрирование?
- 2 Как визируют на точки при измерении горизонтальных углов?
- 3 Как вычисляют значение горизонтального угла?
- 4 На какую величину допустимо расхождение значений горизонтального угла при измерении полным приемом?

5 Лабораторная работа № 4. Поверки теодолита

Цель работы: изучить и научиться выполнять основные поверки теодолита.

Обязательное условие для теодолита – правильное геометрическое сочетание основных его осей, обеспечивающее измерение горизонтальных и вертикальных углов с необходимой точностью.

Каждый теодолит до начала работ подвергается поверкам.

5.1 Поверка цилиндрического уровня

Ось цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга должна быть перпендикулярна к вертикальной оси вращения прибора. Перед поверкой вертикальную ось вращения теодолита приводят в отвесное положение.

Для выполнения поверки устанавливают цилиндрический уровень по направлению двух подъемных винтов. Приводят пузырек уровня на середину. Затем поворачивают алидаду на 180° . Если пузырек остался на середине, то поверка считается выполненной. Если пузырек отклонился от середины, то, вращая с помощью шпильки исправительные (юстировочные) винты уровня 22 (см. рисунок 3.1), перемещают пузырек на половину отклонения. После этого поверку повторяют. Эти действия выполняют до тех пор, пока пузырек уровня будет отклоняться от середины не более чем на одно деление.

5.2 Поверка сетки нитей

Горизонтальная нить сетки должна быть перпендикулярна к вертикальной оси вращения теодолита. Для поверки этого условия приводят вертикальную ось теодолита в отвесное положение. Затем выбирают отчетливо видимую точку, наводят на нее левый край горизонтальной нити сетки. Вращая алидаду наводящим винтом, наблюдают, будет ли горизонтальная нить сетки все время

проходить через эту точку. Если точка сходит с нити более чем на три ее толщины, то выполняют юстировку. Для этого отворачивают кольцо окулярного колена, отверткой ослабляют винты 1, скрепляющие окуляр с корпусом трубы (рисунок 5.1), и поворачивают окуляр так, чтобы нить сетки расположилась горизонтально. Затем поверку повторяют.

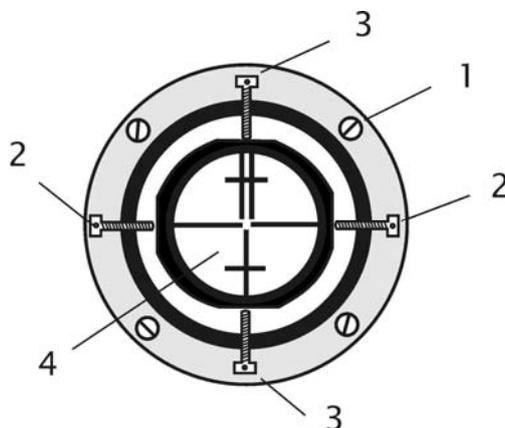


Рисунок 5.1 – Исправительные винты сетки нитей

5.3 Поверка визирной оси зрительной трубы

Визирная ось зрительной трубы должна быть перпендикулярна к оси вращения трубы. Несоблюдение этого условия вызывает появление коллимационной ошибки. Коллимационной ошибкой называют угол ϵ отклонения визирной оси от перпендикуляра к оси вращения трубы (рисунок 5.2).

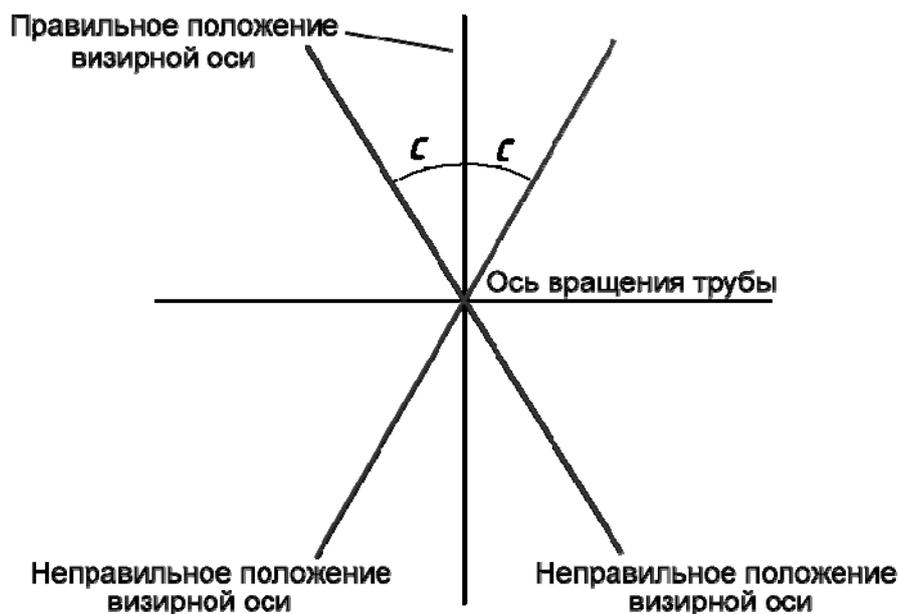


Рисунок 5.2 – Схема образования коллимационной ошибки

Для проверки этого условия, после того, как вертикальная ось теодолита приведена в отвесное положение, наводят визирную ось на удаленную хорошо

видимую точку, направление на которую должно быть примерно горизонтальным (отклонение не более 2°). Совместив точно с помощью наводящего винта алидады центр сетки нитей с точкой, берут отсчет KL_1 по горизонтальному кругу (при расположении вертикального круга слева от трубы). Переводят трубу через зенит, вновь наводят визирную ось на ту же точку и делают отсчет $KП_1$. Разность отсчетов дает двойную коллимационную ошибку.

Для теодолитов с односторонним отсчетным устройством (Т15, 2Т30, 4Т30П и др.) коллимационную ошибку определяют дважды; это исключает влияние эксцентриситета. После первого определения коллимационной ошибки необходимо закрепить закрепительный винт алидады, освободить закрепительный винт подставки, повернуть теодолит на 180° и закрепить его в подставке. Визируя на ту же точку при двух положениях, получают отсчеты KL_2 и $KП_2$. Вычисляют величину коллимационной ошибки:

$$c = \frac{(KL_1 - KП_1 \pm 180^\circ) + (KL_2 - KП_2 \pm 180^\circ)}{4}.$$

Если величина c не превышает двойной точности отсчетного устройства, то условие считается выполненным. Если условие не выполняется, вычисляют исправленный отсчет:

$$KL_{испр} = KL_2 - c \quad \text{или} \quad KП_{испр} = KП_2 + c$$

и устанавливают его на горизонтальном круге. При этом центр сетки нитей сойдет с наблюдаемой точки. Тогда, ослабив верхний вертикальный исправительный винт 3 сетки нитей (см. рисунок 5.1), двумя другими исправительными винтами 2 (см. рисунок 5.1), расположенными горизонтально, перемещают сетку нитей до совпадения ее центра с наблюдаемой точкой. После этого поверку повторяют.

5.4 Поверка оси вращения зрительной трубы

Ось вращения зрительной трубы должна быть перпендикулярна к вертикальной оси теодолита.

Для проверки этого условия устанавливают теодолит у здания. Приводят его вертикальную ось в отвесное положение. Замечают на стене здания высоко расположенную и хорошо видимую точку (точка M). Наводят центр сетки нитей на эту точку. Затем зрительную трубу наклоняют до ее горизонтального положения и отмечают карандашом на стене проекцию m_1 точки (рисунок 5.3). Аналогично, при другом положении вертикального круга, проектируют точку M на уровень прежде нанесенной m_1 и отмечают ее новую проекцию m_2 .

Условие проверки выполнено, если проекции m_1 и m_2 находятся в пределах ширины биссектора (рисунок 5.4).

При большей величине между ними погрешность устраняется в заводских условиях или в специальной мастерской.

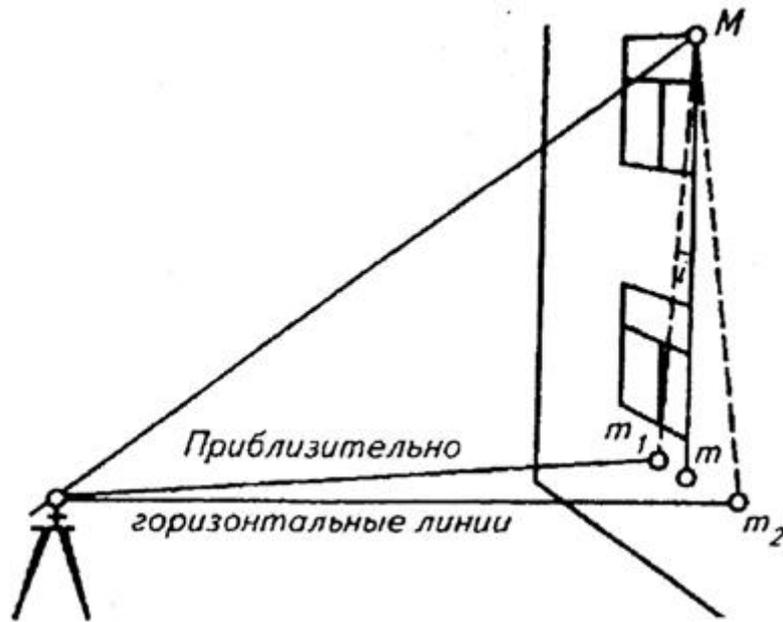


Рисунок 5.3 – Схема проверки оси вращения зрительной трубы



Рисунок 5.4 – Сетка нитей

В отчете должны быть представлены:

- названия проверок с формулировкой геометрических условий, предъявляемых к осям теодолита;
- результаты выполнения проверок и описание исправлений;
- заключение об исправности исследуемого теодолита.

Контрольные вопросы

- 1 Перечислите геометрические условия для основных осей теодолита.
- 2 Как выполняются проверки теодолита?
- 3 Как выполняют юстировку визирной оси теодолита?
- 4 Как выполняют юстировку сетки нити теодолита?

6 Лабораторная работа № 5. Измерение вертикальных углов. Измерение магнитных азимутов. Измерение расстояний нитяным дальномером

Цель работы: изучить методику измерения вертикальных углов; приобрести навыки их измерения; изучить порядок исправления места нуля вертикального круга; изучить методику измерения магнитных азимутов; изучить методику измерения расстояний нитяным дальномером.

6.1 Измерение вертикальных углов

Угол наклона – вертикальный угол между направлением линии визирования и ее проекцией на горизонтальную плоскость.

Установив теодолит в рабочее положение, визируют на выбранную точку. Визируют сначала грубо, а затем наводящим винтом трубы точно, устанавливая среднюю нить сетки на наблюдаемую точку. После этого, не меняя наведения одним из подъемных винтов, расположенным по направлению уровня, приводят пузырек на середину. Затем наводящим винтом зрительной трубы поправляют установку горизонтальной нити сетки на наблюдаемую точку. Производят отсчет по вертикальному кругу. Перед снятием отсчета надо еще раз убедиться, что пузырек цилиндрического уровня на середине, а горизонтальная нить сетки на наблюдаемой точке.

Для теодолита 2Т30, 4Т30П угол наклона ν вычисляют по формулам

$$\nu = KL - MO; \quad \nu = MO - KP; \quad \nu = \frac{KL - KP}{2},$$

где KL – отсчет по вертикальному кругу при круге лево;

KP – отсчет по вертикальному кругу при круге право;

MO – место нуля вертикального круга.

Место нуля – это отсчет по лимбу вертикального круга, когда визирная ось зрительной трубы горизонтальна, а вертикальная ось прибора отвесна. Для определения места нуля приводят вертикальную ось вращения теодолита в отвесное положение. При двух положениях трубы визируют на одну и ту же удаленную точку и берут отсчеты по вертикальному кругу. Место нуля вычисляют по формуле

$$MO = \frac{KL + KP}{2}.$$

При визировании необходимо проверить положение пузырька уровня при алидаде горизонтального круга и в случае смещения вывести его в среднее положение подъемным винтом, а затем уточнить наведение. Контролем правильного измерения вертикальных углов служит постоянство места нуля. Колебание места нуля не должно превышать двойной точности отсчета.

Если значение места нуля более $1'$, то его исправляют, приводят к значе-

нию, близкому к 0° . Для этого визируют на удаленную точку и берут отсчеты при двух положениях вертикального круга. Вычисляют угол наклона. Не смещая трубы с наблюдаемой точки, наводящим винтом устанавливают на вертикальном круге отсчет, равный углу наклона. При этом горизонтальная нить сетки сместится с наблюдаемой точки. Действуя вертикальными исправительными винтами 3 сетки (см. рисунок 5.1), совмещают горизонтальную нить с точкой. Правильность исправления проверяют, повторяя определение места нуля.

Результаты измерения вертикальных углов записывают в журнал (таблица 6.1).

Таблица 6.1 – Журнал измерения вертикальных углов

Станция	Точка наведения	Отсчет по вертикальному кругу	Место нуля	Вертикальный угол
		КЛ ...		
		КП ...		

Одновременно измерять горизонтальные и вертикальные углы не следует, поскольку при измерении вертикальных углов перед каждым отсчетом пузырек уровня приводится на середину. При измерении горизонтальных углов изменять положение пузырька уровня не следует.

В отчете должен быть приведен журнал измерения вертикальных углов.

6.2 Измерение магнитных азимутов

Для измерения магнитных азимутов на вертикальный круг теодолита при круге лево прикрепляют буссоль, отпускают зажимной винт магнитной стрелки (арретир). При этом положение стрелки наблюдают в специальном зеркале, которому придают требуемый наклон.

Алидаду поворачивают (сначала грубо, а затем, с помощью наводящего винта алидады, точно) до тех пор, пока концы магнитной стрелки не совместятся со штрихами буссоли. В этот момент визирная ось трубы будет ориентирована по магнитному меридиану на север. Положение магнитной стрелки наблюдают в зеркале. Северный конец стрелки окрашен в синий цвет.

Вращением наводящего винта лимба устанавливают отсчет по горизонтальному кругу $0^\circ 00'$.

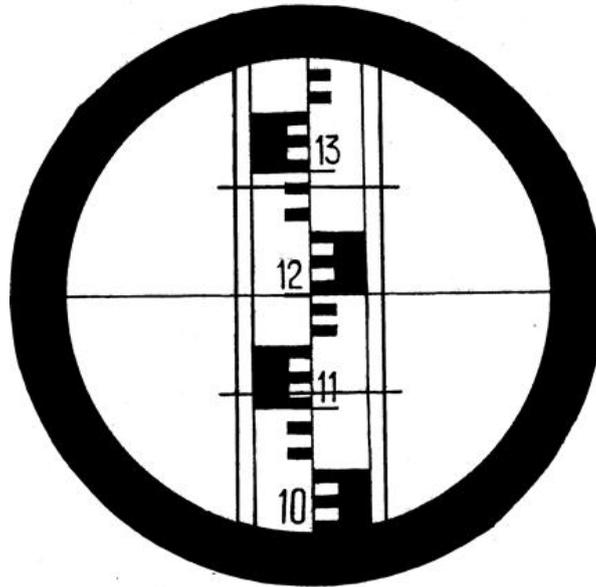
Затем открепляют алидаду, наводят трубу на определяемое направление и производят отсчет по горизонтальному кругу, который даст величину магнитного азимута.

При измерении магнитных азимутов следует обращать внимание на то, чтобы вблизи прибора не было никаких железных предметов, линии электропередач.

В отчете должно быть представлено измерение магнитного азимута заданного направления.

6.3 Измерение расстояний нитяным дальномером

Нитяной дальномер в зрительных трубах геодезических приборов формируют две дальномерные нити сетки – верхняя и нижняя (рисунок 6.1).



Отсчеты по дальномерным нитям: верхней – 1287 мм; нижней – 1113 мм

Рисунок 6.1 – Поле зрения при определении расстояния нитяным дальномером

Расстояние D , определяемое по нитяному дальномеру, вычисляют по формуле

$$D = kn + c,$$

где k – коэффициент дальномера, $k = 100$;

n – дальномерный отсчет по рейке;

c – постоянная дальномера, $c = 0$.

Для примера, показанного на рисунке 6.1, дальномерный отсчет n $128,7 - 111,3 = 17,4$ см. Определяемое расстояние

$$D = 17,4 \cdot 100 + 0 = 1740 \text{ см} = 17,4 \text{ м.}$$

Точность нитяного дальномера составляет 1:300 измеренного расстояния. Измеряемые линии не должны превышать 300 м. Длинные линии измеряют по частям.

В отчете должны быть представлены результаты измерения расстояний нитяным дальномером.

Контрольные вопросы

- 1 Как определяют место нуля?
- 2 Как измеряют вертикальный угол?
- 3 Что такое магнитный азимут?

- 4 Как измеряют магнитный азимут на местности?
- 5 Как измеряют расстояние по нитяному дальномеру?
- 6 Какова точность определения расстояния по нитяному дальномеру?

7 Лабораторная работа № 6. Устройство электронного тахеометра Trimble М3 и производство измерений. Тахеометрическая съемка электронным тахеометром Trimble М3

Цель работы: изучить методику проведения тахеометрической съемки электронным тахеометром Trimble М3; изучить устройство электронного тахеометра, порядок подготовки его к работе; научиться производить основные измерения.

7.1 Устройство электронного тахеометра Trimble М3 и производство измерений

Электронные тахеометры обеспечивают автоматизацию полевых измерений при производстве топографических и кадастровых съёмок, а также при выполнении инженерно-геодезических работ в строительстве.

Электронный тахеометр Trimble М3 5" среднего класса точности имеет зрительную трубу с 26^{\times} увеличением. Угол поля зрения – $1^{\circ}30'$. Средняя квадратическая ошибка измерения углов составляет 5".

Тахеометр снабжён двухосевым автоматическим компенсатором, который компенсирует оставшееся после горизонтирования прибора отклонение от вертикальной оси в направлениях визирной и горизонтальной осей.

Для измерения расстояний используется дальномер на основе импульсного лазерного диода с длиной волны излучения 870 нм. Минимальное измеряемое расстояние – 1,6 м. Дальность измерений в отражательном режиме составляет 3000 м при визировании на минипризму и 5000 м при стандартной призме. Электронный тахеометр Trimble М3 позволяет измерять расстояния и без призмы в режиме прямого отражения, называемом безотражательным режимом, при котором лазерный луч отражается от поверхности цели. Дальность измерений при прямом отражении доходит до 200 м. Точность измерения расстояний составляет $5 \text{ мм} + 2 \text{ мм/км}$.

Внешний вид и основные части тахеометра Trimble М3 показаны на рисунках 7.1 и 7.2.

Для высокоточного центрирования имеется оптический отвес (оптический центрир).

Точность круглого уровня составляет $10'$ на 2 мм, цилиндрического уровня – $30''$ на 2 мм.

Электронный тахеометр Trimble М3 снабжён графическим жидкокристаллическим дисплеем. Буквенно-цифровая клавиатура имеет 25 клавиш (рисунок 7.3).

Источником питания служит перезаряжаемая Ni-MH батарея с выходным напряжением 7,2 В постоянного тока. Время работы составляет около 7 ч.

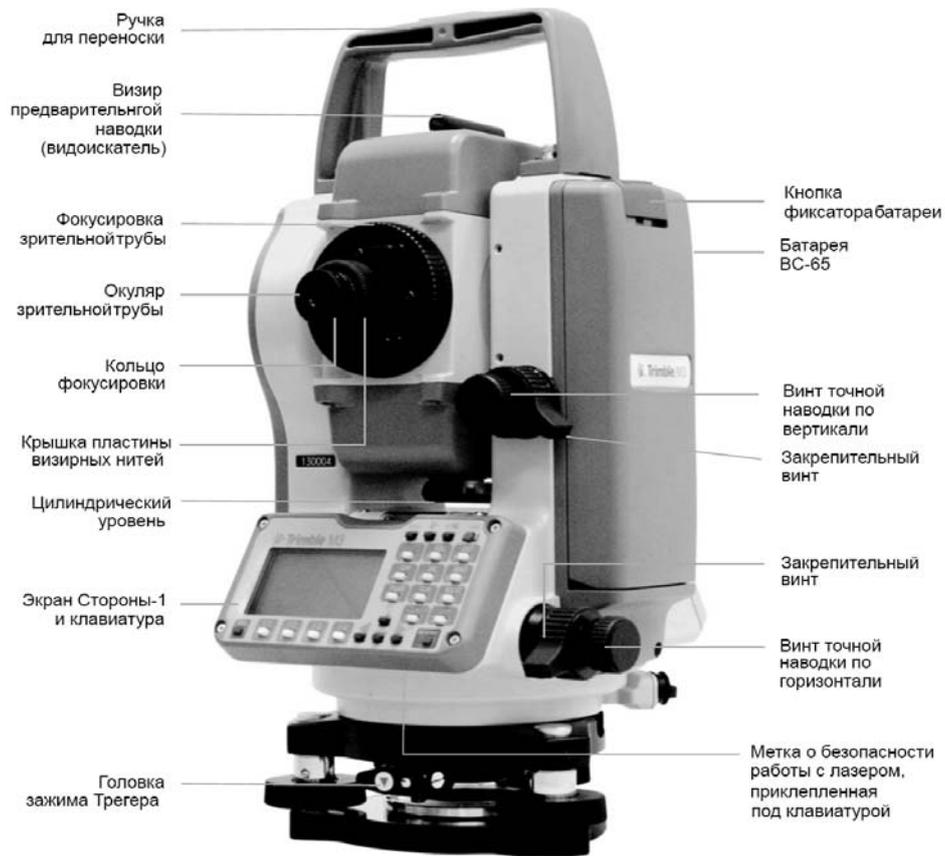


Рисунок 7.1 – Электронный тахеометр Trimble M3 (сторона 1)



Рисунок 7.2 – Электронный тахеометр Trimble M3 (сторона 2)



Рисунок 7.3 – Жидкокристаллический экран и клавиатура Trimble M3

Встроенное программное обеспечение позволяет решать следующие задачи:

- обратная засечка – определение прямоугольных координат свободной установки станции;
- известная станция – установка и ориентирование тахеометра на точке с известными прямоугольными координатами;
- высота станции – определение высоты точки установки тахеометра;
- точка съёмки – после установки тахеометра на станции вычисление координат и высот новых точек с помощью измерений углов и расстояний;
- разбивка – вынос в натуру точек сооружения;
- определение размеров – измерение недоступных расстояний;
- недоступный объект – определение высоты недоступных точек;
- пикеты и смещения – определение прямоугольных координат по отношению к опорной линии (съёмка способом прямоугольных координат);
- вертикальная плоскость – определение координат точек на вертикальной плоскости;
- вычисление площади – определение на местности площади участка.

При подготовке электронного тахеометра к работе штатив устанавливается непосредственно над точкой станции. Верхняя плоскость головки штатива должна быть горизонтальна. Тахеометр закрепляется на штативе с помощью станového винта.

Для центрирования прибора используется нитяной отвес, а при высокоточном центрировании – оптический центрир тахеометра. Если используется оптический центрир, то вначале, вращая подъёмные винты, располагают центральную марку визирных нитей центрира точно над изображением точки станции. Затем, поддерживая одной рукой головку штатива, последовательно ослабляют винты на ножках штатива и, изменяя их длину, приводят пузырёк круглого уровня в нульпункт. Ножки штатива затягивают винтами. После этого производят горизонтирование прибора по цилиндрическому уровню. Наблюдая в оптический центрир, убеждаются, что изображение точки станции находится в центре марки визирных нитей. Если точка станции незначительно ушла из центра, то ослабляют становой винт и центрируют прибор, перемещая его по головке

штатива. При этом прибор не вращают, а используют только прямое перемещение к центру. Если смещение точки станции велико, то повторяют центрирование, начиная с приведения пузырька круглого уровня в нульпункт.

Выполняют фокусировку зрительной трубы. Вращая диоптрийное кольцо, добиваются чёткого изображения сетки нитей, а затем вращением кремальеры – чёткого изображения визирной цели. Для проверки параллакса зрительной трубы надо слегка сместить глаз. Если изображение цели не сдвигается относительно перекрестия сетки нитей, то параллакс отсутствует. Если изображение цели сдвинулось, то параллакс устраняют вращением кремальеры.

Для включения прибора надо нажать кнопку [PWR]. Появится стартовый экран Trimble M3, а затем команда «Наклонить зрительную трубу». После наклона зрительной трубы возникает имя текущего проекта, а затем на 2 с текущие настройки температуры, давления, постоянной призмы, масштаба. После этого появляется один из экранов основных измерений.

Для выключения прибора надо нажать кнопку [PWR], а затем клавишу [ENT].

Назначение клавиш представлено на рисунке 7.4. Во внутренней памяти может храниться до 10000 строк полевых данных.

Для основных измерений электронным тахеометром Trimble M3 имеется четыре экрана ГЛАВ (рисунок 7.5). Для перемещения между этими экранами используют клавиши ▲ и ▼.

На экранах приняты следующие обозначения: SD – наклонное расстояние; ГК – горизонтальный угол; ВК – вертикальный угол; HD – горизонтальное проложение; Z – высота точки; X, Y – прямоугольные координаты точки.

Всё, что появляется на следующем экране, отражается в правом верхнем углу заголовка экрана.

При измерении горизонтального угла надо нажать клавишу [F1]. В левой верхней части экрана появится «ГК=0». Для установки нулевого отсчёта наводятся на левую точку и нажимают клавишу [MEAS/ENT]. После наведения на правую точку на экране появится отсчёт, соответствующий значению горизонтального угла. При этом на первом и втором экранах появляется также величина вертикального угла. Взамен значения вертикального угла ВК, нажав клавишу [F2] «V%», можно получить уклон линии визирования в процентах.

Для установки высоты цели (высоты наведения) th или высоты прибора ih на третьем или четвёртом экранах нажимают [F2].

Существует три набора данных. Для отображения различных наборов данных нажимают [F4]. Первый набор данных «→1» соответствует одному из экранов ГЛАВ. В правом нижнем углу экрана указывается номер набора данных, которые появятся на следующем экране.

Второй набор данных «→2» позволяет установить единицы измерения расстояния (обозначение «U-фт», клавиша [F1]): метры, американские футы, международные футы; установить значение горизонтального угла или отсчёт для начального направления горизонтального угла («Уст ГК», клавиша [F2]); установить измерение правого или левого горизонтального угла («← ГК →», клавиша [F3]).

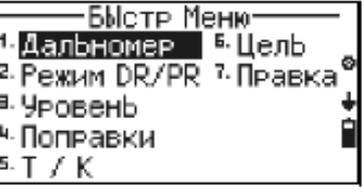
Кнопка	Функция
	<p>Кнопка [Menu]. Для отображения экрана МЕНЮ, содержащего следующие функции:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Проекты 2. Юстировка 3. Задачи 4. Съемка 5. Настройки инструмента 6. Интерфейс 7. Передача данных 
	<p>Кнопка [Trimble]. Для отображения экрана Быстр Меню, содержащего следующие функции:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Дальномер 2. Режим DR/PR 3. Уровень 4. Поправки 5. Тчк/Код 6. Цель 7. Правка 
	<p>Кнопка [PWR]. Для включения или выключения прибора</p>
	<p>Кнопка [ESC]. Для возврата в предыдущий экран. Если вы используете режим цифровой или алфавитно-цифровой клавиатуры, нажмите эту кнопку, чтобы удалить введенные данные</p>
	<p>Кнопка [MEAS/ENT]. Для одного из следующего:</p> <ul style="list-style-type: none"> • переход к следующему действию; • выполнить измерение и сохранить точку; • подтвердить введенное значение/имя/код в режиме ввода
	<p>Функциональные клавиши [F1]-[F4]. Поля, отображенные в нижней части каждого экрана, связаны с функциями клавиш, расположенных ниже экрана. Они показывают следующий возможный параметр, а не текущие параметры</p>
	<p>«←» Стрелка курсора влево. Сдвигает курсор влево или удаляет символ, когда вы находитесь в режиме ввода</p>
	<p>«→» Стрелка курсора вправо. Сдвигает курсор вправо</p>
	<p>«↑» «↓» Стрелки курсора вверх и вниз. Сдвигает курсор вверх и вниз в списке или меню. Также используется для перемещения в экране ГЛАВ</p>
	<p>Клавиши для ввода цифровых или буквенных символов. В этом примере нажмите клавишу, чтобы ввести «1», когда инструмент находится в режиме цифрового ввода, или нажмите клавишу один или несколько раз для ввода P, Q, R или S заглавными или прописными символами</p>

Рисунок 7.4 – Функции клавиш

При третьем наборе данных «→ 3» (клавиша [F4]) на экране указываются имя текущего проекта, номер и код точки, высота цели и тип записи данных во встроенную память. Тип записи обозначается: MEM/1 – при записи измеренных

значений, МЕМ/2 – вычисленных значений, МЕМ/3 – измеренных и вычисленных значений.

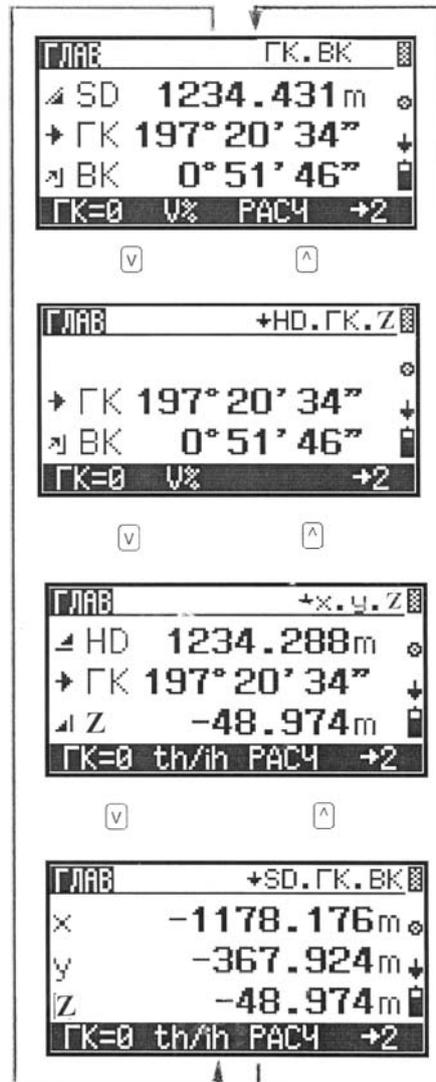


Рисунок 7.5 – Отображение экранов ГЛАВ

Электронный тахеометр Trimble M3 имеет два режима измерения расстояний: отражательный режим PR при использовании призмы и режим прямого отражения DR. С призмой рекомендуется выполнять измерения на расстоянии более 10 м. Веху с призмой держат вертикально по установочному круглому уровню точно на точке. Визируют на низ вехи и поднимают зрительную трубу для наведения на призму.

После наведения на призму или на визирную цель нажимают клавишу [MEAS/ENT]. Появляется значение постоянной призмы, которое остается, пока не появится измеряемая величина.

Для изменения режима из любого экрана нажимают клавишу [Trimble], а затем [2].

В отчете должны быть представлены основные элементы устройства электронного тахеометра, а также изображения экранов ГЛАВ тахеометра Trimble M3.

7.2 Тахеометрическая съемка электронным тахеометром Trimble M3

При топографической съемке участка электронный тахеометр устанавливают на точке с известными прямоугольными координатами X_S , Y_S и высотой (отметкой) Z_S (рисунок 7.6). В этом случае точку S называют известной станцией. Такой станцией может быть точка съемочной основы. Визируют на другую точку с известными координатами X_A , Y_A . Эту точку, точку A , называют задней (ЗТ). Определяют дирекционный угол опорного направления $S-A$ (α_{S-A}). С помощью такой установки станции можно получить прямоугольные координаты и высоты (отметки) новых точек, измеряя расстояния до них и углы от опорного направления.

Если электронный тахеометр Trimble M3 установлен на известной станции, то следует из экрана «Меню» выбрать «4.Съемка», а затем «2. Извест. СТЦ» – известная станция (рисунок 7.7).

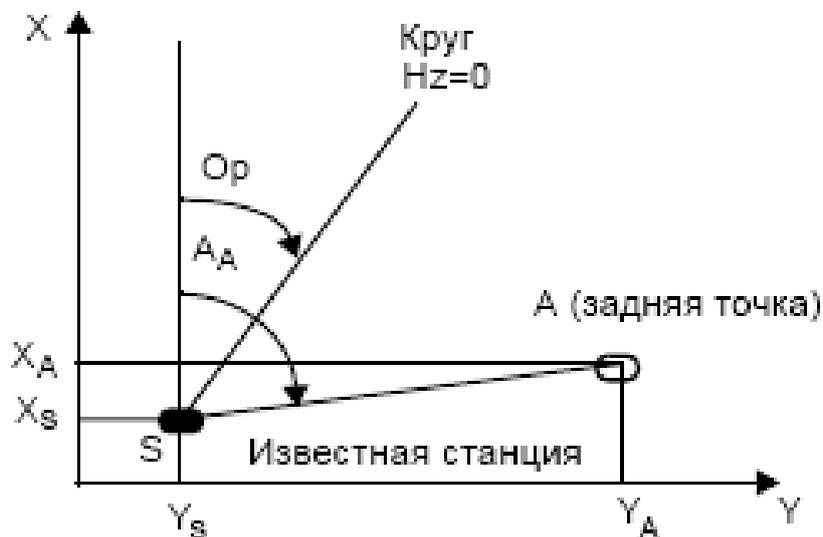


Рисунок 7.6 – Установка известной станции



Рисунок 7.7 – Известная станция

Для ввода координат станции надо нажать клавишу [F1] «S». Координаты станции X_S, Y_S вводят непосредственно на экране, набирая их на клавиатуре. Для этого нажимают [F3] «Ввод». Для подтверждения ввода координат X_S, Y_S нажимают [MEAS/ENT].

Координаты станции можно также выбрать из встроенной памяти для применяемого проекта. Для этого предварительно нажимают [F1] «Внутр. память». Появляется экран «Поиск в проекте». Если поиск осуществляется по номеру точки нажимают [F2] «? Т», по коду точки – [F3] «? К», а по адресу точки – [F4] «? А».

После того как введены координаты станции и появился экран «Задняя точка» (рисунок 7.8), выполняют одно из:

а) вводят значение азимута (дирекционного угла) на заднюю точку A ; нажимают [F3] «Аз»;

б) вводят значения координат X и Y задней точки A ; нажимают [F4] «XY».

Задняя точка – это точка с известными координатами или известным азимутом от точки расположения прибора. Задняя точка используется для привязки станции, на которой установлен электронный тахеометр.

Если выбрано действие «а», то после нажатия [F3] появляется экран «Ввести азимут» (рисунок 7.9).



Рисунок 7.8 – Задняя точка



Рисунок 7.9 – Ввести азимут

После введения азимута непосредственно на экране нажимают [MEAS/ENT] или, нажав [F3] «Стек», выбирают значение азимута из предварительно введенных величин и нажимают [MEAS/ENT].

После этого наводятся на заднюю точку и нажимают [MEAS/ENT] (рисунок 7.10).

Появятся координаты станции и величина ориентирования круга O_p (рисунок 7.11). Величина ориентирования в данном случае – это дирекционный угол начального, нулевого направления горизонтального круга.

Для записи результатов и завершения установки станции нажимают [F4] «Да».

Если выбрано действие «б» (см. рисунок 7.8), то после нажатия [F4] «XY»

можно ввести координаты задней точки непосредственно на экране (рисунок 7.12), нажав [F3] «Ввод», или из внутренней памяти, нажав [F1] «Внутр. память». Появится экран «Ввести координаты» (рисунок 7.13).



Рисунок 7.10 – Измерить заднюю точку

После ввода координат появится экран «Задняя точка» (рисунок 7.14).

Нажимают [F1], чтобы измерить расстояние SD, горизонтальный ГК и вертикальный ВК углы, или [F3], чтобы измерить только углы ГК и ВК. Появится экран «Измерить ЗТ», на котором приведены координаты задней точки (рисунок 7.15).



Рисунок 7.11 – Координаты станции



Рисунок 7.12 – Задняя точка



Рисунок 7.13 – Ввести координаты



Рисунок 7.14 – Задняя точка



Рисунок 7.15 – Измерить заднюю точку

Наводятся на заднюю точку и нажимают [MEAS/ENT]. Появятся координаты станции и ориентирование круга. Для записи результатов и завершения установки станции следует нажать [F4] «Да» (рисунок 7.16).



Рисунок 7.16 – Координаты станции

Для выполнения непосредственно съемки точек местности выбирают на экране меню «4. Съемка», а затем «4. Изм. точек» (рисунок 7.17).

Появится экран «Координаты станции» (рисунок 7.18).



Рисунок 7.17 – Съемка

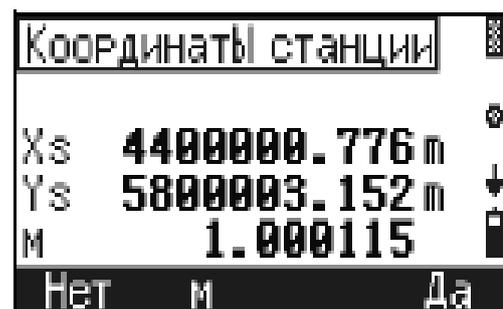


Рисунок 7.18 – Координаты станции

Для подтверждения координат станции нажимают [F4] «Да».

Появится экран «Ориентир – ОК?», на котором задано опорное направление, т. е. дирекционный угол направления «станция – задняя точка» α_{S-A} (рисунок 7.19).

Дирекционный угол α_{S-A} получается следующим образом – к ориентации начального направления круга O_p прибавляется отсчет на заднюю точку A .



Рисунок 7.19 – Ориентир

Для контроля дирекционный угол α_{S-A} вычисляют заранее по известным прямоугольным координатам станции и задней точки:

$$\alpha_{S-A} = \text{arctg} \frac{Y_A - Y_S}{X_A - X_S}$$

и сравнивают его с показанным на экране.

Для подтверждения дирекционного угла опорного направления нажимают [F4] «Да». Появляется экран «ih/Zs станции ОК?», на котором показаны высота прибора ih и высота станции Zs (рисунок 7.20).

Если требуется ввести новые значения ih и Zs, нажимают [F3] «ih/Zs». Чтобы принять высоту прибора ih и высоту станции Zs, нажимают [F4] «Да». Появляется экран «Изм. точек». Электронный тахеометр готов к съемке точек местности.

Устанавливают на снимаемой точке веху с призмой, визируют на нее и нажимают [MEAS/ENT]. После измерения на экране появляются значения координат X, Y, Z снимаемой точки (рисунок 7.21). Эти координаты записываются в память используемого проекта.

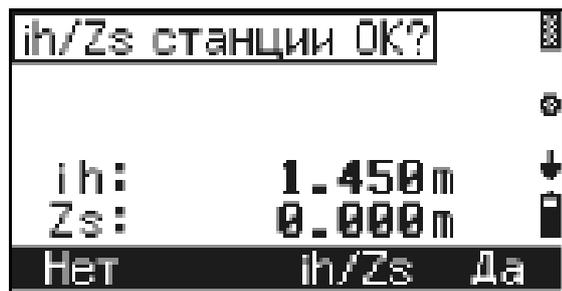


Рисунок 7.20 – Высота станции

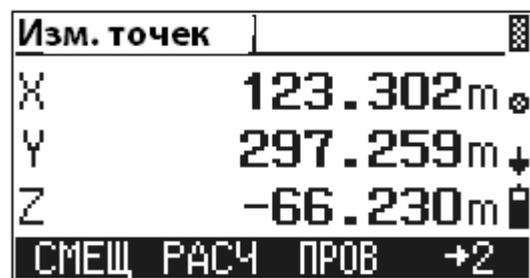


Рисунок 7.21 – Координаты точки

Чтобы просмотреть на экране имя текущего проекта, номер точки, код точки, высоту наведения и тип записи (см. рисунок 7.21), нажимают [F4] «→ 2» (рисунок 7.22).

Устанавливают веху на другой точке, снимают ее. Подобным образом снимают и остальные точки местности. Координаты точек сохраняются во внутренней памяти электронного тахеометра.



Рисунок 7.22 – Высота наведения

В отчете должны быть представлены результаты тахеометрической съемки электронным тахеометром: координаты станции, координаты опорной точки, дирекционный угол опорного направления.

Контрольные вопросы

- 1 Как производят установку электронного тахеометра перед выполнением тахеометрической съемки?
- 2 Как выполняется обратная засека?
- 3 Как выполняется измерение точек при тахеометрической съемке?
- 4 Перечислите основные характеристики тахеометра Trimble M3.
- 5 Что изображено на экранах простых измерений тахеометра?
- 6 Как измеряют горизонтальный угол электронным тахеометром?

Приложение А (обязательное)

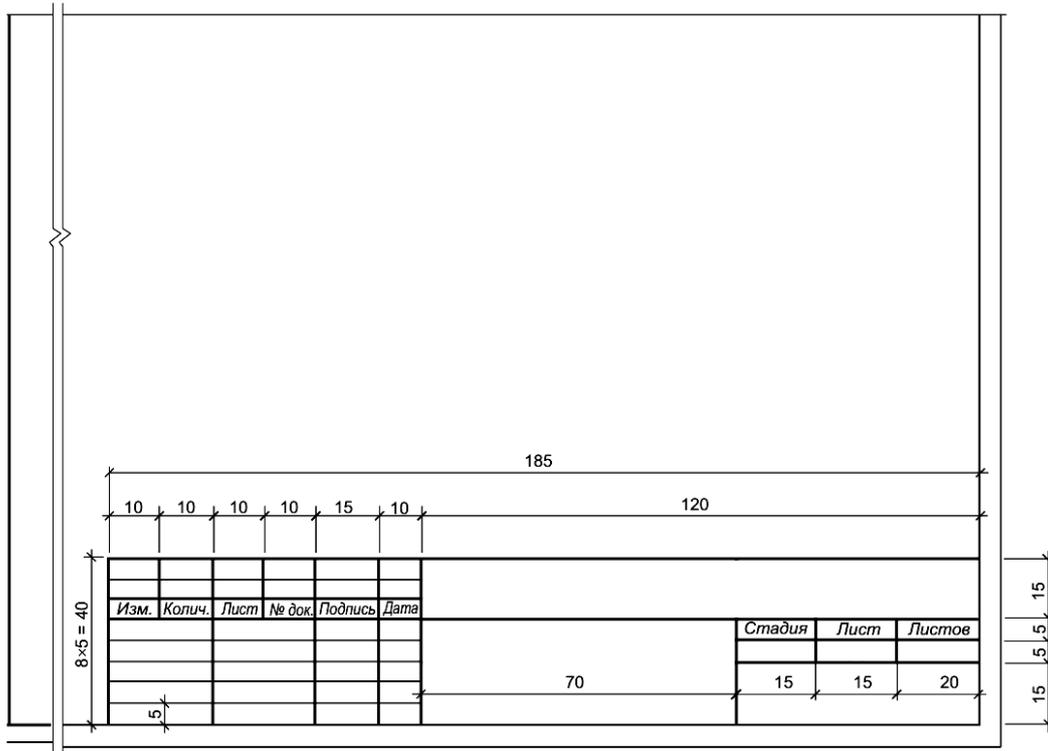


Рисунок А.1 – Форма основной надписи для первого листа текстовых документов

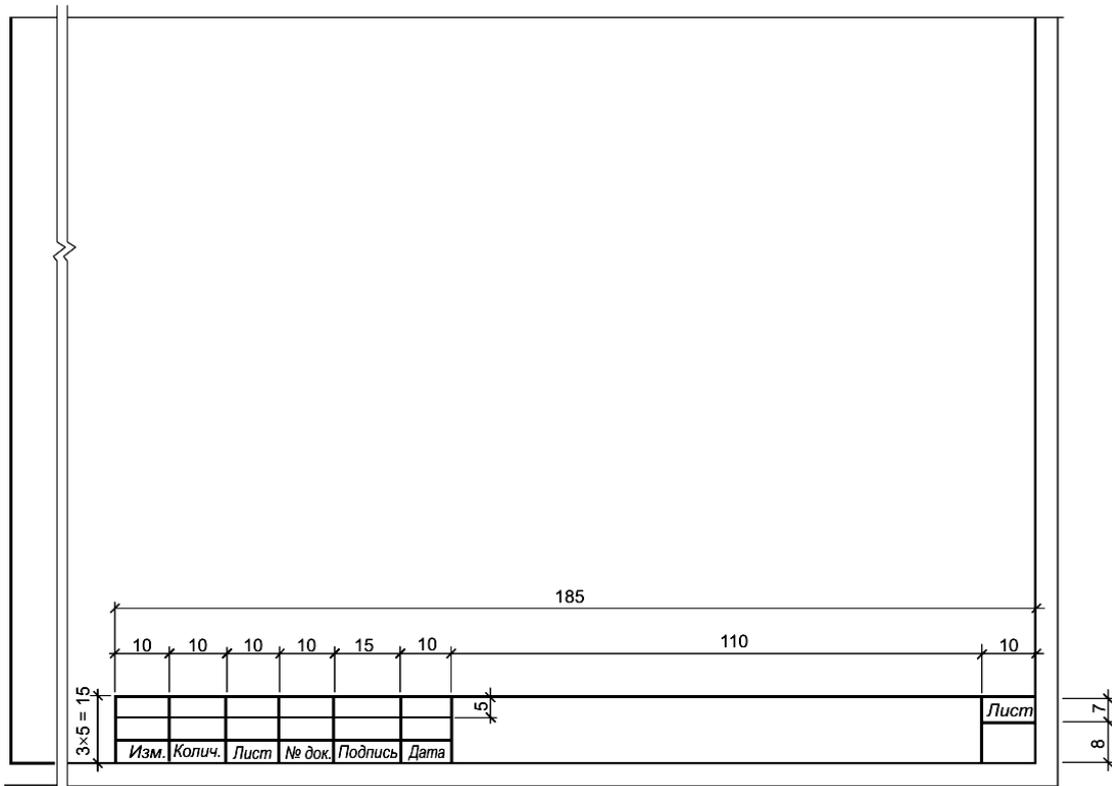


Рисунок А.2 – Форма основной надписи для последующих листов текстовых документов