

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»**

Строительно-политехнический колледж

**ГЕОДЕЗИЯ С ОСНОВАМИ КАРТОГРАФИИ
И КАРТОГРАФИЧЕСКОГО ЧЕРЧЕНИЯ**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

**к практическим занятиям обучающихся по специальности
21.02.05 «Земельно-имущественные отношения»
всех форм обучения**

Воронеж 2022

УДК 528.48(07)
ББК 26.1я7

Составитель
канд. с.-х. наук М. Б. Реджепов

Геодезия с основами картографии и картографического черчения:
методические указания к практическим занятиям обучающихся по специальности 21.02.05 «Земельно-имущественные отношения» всех форм обучения / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост. М. Б. Реджепов. – Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2022. - 38 с.

Методические указания разработаны для проведения практических работ по дисциплине «Геодезия с основами картографии и картографического черчения», представлены материалы по основам картографирования, геодезии с возможностью использования различных данных о местности в виде карт и планов.

Предназначены для обучающихся по специальности 21.02.05 «Земельно-имущественные отношения».

Методические указания подготовлены в электронном виде и содержатся в файле МУ МДК.03.01 Пр.pdf.

Ил. 11. Табл. 10. Библиогр.: 13 назв.

УДК 528.48(07)
ББК 26.1я7

Рецензент – Т. Б. Харитонова, канд. техн. наук, доцент кафедры кадастра недвижимости, землеустройства и геодезии ВГТУ

*Издается по решению редакционно-издательского совета
Воронежского государственного технического университета*

ВВЕДЕНИЕ

Целью методических указаний является помощь обучающимся в изучении междисциплинарного комплекса и выполнение практических работ, изучение теоретических и практических геодезических основ картографии и картографического черчения для картографо-геодезического сопровождения земельно-имущественных отношений.

Задачами являются:

- овладение теоретическими сведениями и получение практических навыков по геодезическим измерениям при проведения полевых геодезических работ;
- овладение теоретическими сведениями и получение практических навыков по обработке результатов геодезических измерений при проведении камеральных геодезических работ для составления топографических планов;
- подготовка к самостоятельному созданию топографических планов;
- перенесение в натуру проектных данных, для решения инженерных задач геодезическими методами.

В методических указаниях рассматриваются практические задачи решения задач картографо-геодезического сопровождения земельно-имущественных отношений.

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ КАРТОГРАФИИ

Картография - наука об отображении и исследовании явлений природы и общества, их размещения, свойств, взаимосвязей и изменений в пространстве и времени посредством картографических изображений (К.А. Салищев). Или картография - это наука о географических картах и других картографических произведениях, о методах их создания и использования.

Изучением картографии являются географические карты, атласы, глобусы, карты небесных тел, рельефные карты и другие пространственные модели местности.

Географическая карта - это уменьшенное, обобщенное изображение земной поверхности на плоскости, построенное по определенным математическим законам, показывающее посредством условных знаков размещение, свойства и связи явлений природы и общества.

Картография неразрывно связана с геодезией, топографией, науками о земле (географией, геологией, почвоведением, ботаникой, зоологией и др.), общественными (историей, социологией, политологией и др.) и точными (математикой, физикой, фотограмметрией и др.) науками. Картография широко использует научные знания других наук и выражает их в содержании тематических или специальных карт. Другие науки, используя картографический метод исследования, постоянно совершенствуются в своих научных познаниях.

Географические карты являются ценнейшим накопителем информации обо всех природных и социальных процессах, происходящих на местности от локального участка до поверхности Земли в целом. Они создают пространственный образ отображаемых явлений, показывают их сочетание, взаимосвязи, особенности, закономерности размещения.

Из практического использования карт следует выделить: общее ознакомление и изучение территорий по картам, ориентирование по картам, в качестве инженерного проектирования в строительстве путей сообщения, трубопроводов, для разработки планов развития экономики и культуры, освоения территории, их целенаправленного преобразования, при разработке и эксплуатации природных богатств и др.

Входной поток первичной информации, поступающий из внешней среды, является обязательным компонентом любой геоинформационной системы. Источниками информации могут служить любые объекты окружающего нас мира: предметы неживой природы, живые объекты, события, явления, процессы (социальные, экономические, природные и проч.), также сами информационные процессы и технологии, а также субъекты, владеющие сведениями.

Работа № 1. Масштаб карты

Масштабом карты называется отношение длины линии на карте к горизонтальной проекции соответствующей линии на местности. Масштаб - это величина, показывающая во сколько раз длина на местности (земной поверхности) уменьшена при переносе ее на карту.

Масштаб указывают под южной рамкой карты и выражают отношениями чисел (численный масштаб), словесно (именованный масштаб) и графически (линейный масштаб).

а) **Численный масштаб** записывается в виде дроби, в числителе которой единица, а в знаменателе - число, выражающее степень уменьшения горизонтальных проекций линий местности при изображении их на карте. **Всегда дается в сантиметрах (см).**

Например:

- 1 : 1 000 000 - 1 см на карте соответствует 1000 000 см на местности (степень уменьшения в 1000 000 раз)
- 1 : 200 000 - 1 см на карте соответствует 200 000 см на местности
- 1 : 50 000 - 1 см на карте соответствует 50 000 см на местности
- 1 : 100 - 1 см на карте соответствует 100 см на местности
- 1 : 5 - 1 см на карте соответствует 5 см на местности

Запомнить 1 : 1 000 000 - 1 см на карте 1000 000 см на местности

б) **Именованный масштаб** указывается в виде подписи, какое расстояние на местности соответствует 1 см на карте.

Например:

1 см - 1 км	или 1:1 00 000
1 см -10 км	или 1:1000 000
в 1 см 500 м	или 1:50 000
в 1 см 10 м	или 1:1000
в 1 см 30 см	или 1:30

в) **Линейный масштаб** дается в виде линейки, разделенной на равные отрезки (соответствующие 1 см) с подписями, означающими расстояние на местности. Применяется для измерений расстояний непосредственно на карте.

Например: см. карту любого масштаба

В России разработан ряд стандартных масштабов для карт: 1 : 5 000, 1 : 10 000, 1 : 25 000, 1 : 50 000, 1 : 100 000, 1 : 200 000, 1 : 500 000, 1 : 1 000 000.

К сведению: в старых русских картах использовались следующие меры длины:

- 1 верста = 1,067 км,
- 1 сажень = 2,134 м,
- 1 дюйм = 2,54 см.

Английская система мер - 1 миля = 1,609 км.

Задание 1. Дать словесное выражение численным масштабам. 1: 25;
1: 50; 1: 500; 1 : 1 000; 1 : 50 000; 1: 200 000; 1: 5 000 000; 1:25 000;
1: 500 000; 1:10 000

Например: 1 : 30 - в 1 см 30 см

Задание 2. Именованный масштаб заменить численным. в 1 см 5 см; в 1 см 50 м; в 1 см 250 м; в 1 см 3 км; в 1 см 500 км; в 3 см 600 м; в 2 см 10 км; в 4 см 1 км; в 1см 1км; в 1см 40 км

Например: в 1 см 5 см - 1: 5; в 3 см 600 м - 3см : 600 00 см - 1: 20 000

Задание 3.

Масштаб 1: 10, сколько в 4 мм этого масштаба?

Масштаб 1: 200, сколько в 3 мм этого масштаба?

Масштаб 1: 2 000, сколько в 2 мм этого масштаба?

Масштаб 1: 50 000, сколько в 2 мм этого масштаба?

Масштаб 1: 2 000 000, сколько в 5 мм этого масштаба?

Масштаб 1: 25 000, сколько в 2 мм этого масштаба?

Масштаб 1: 10 000, сколько в 4 мм этого масштаба?

Масштаб 1: 100 000, сколько в 2 мм этого масштаба?

Масштаб 1: 200 000, сколько в 3 мм этого масштаба?

Масштаб 1: 500 000, сколько в 2 мм этого масштаба?

Например: 1: 10, в 1 см 10 см (а); в 1 мм 1 см (в); в 4 мм 4 см

Задание 4. Определите масштаб карты по измеренному на карте отрезку (l) и соответствующему расстоянию на местности (L)(табл. 1): Предположим, известно, что расстояние от села Куткан до села Новое по прямой 50 м. Соответствующий отрезок на карте равен 5 см. Масштаб карты определяют: 5 см : 50 м - 1см 10 м - 1: 1 000.

Таблица 1

Варианты к заданию

№ п/п	l (карта)	L (местность)	Масштаб карты
1	5 см	50м	1 : 1 000
2	2 см	200 м	
3	4 см	4 км	
4	3 см	300 км	
5	30 мм	150 м	
6	11 мм	550 м	
7	2см	500 м	
8	10 см	1 км	
9	3 см	1500 м	
10	2 см	20 км	
11	2 см	200 м	

Задание 5. Вычислите расстояние на местности $L = ?$, если известны масштаб карты и длина отрезка на карте (l).

1: 5 000, $l = 4$ см, $L = ?$

1: 25 000, $l = 6$ см, $L = ?$
 1: 200 000, $l = 3$ см, $L = ?$
 1: 5 000 000, $l = 2,5$ см, $L = ?$
 1: 1 000 000, $l = 4$ см, $L = ?$
 1: 10 000, $l = 2$ см, $L = ?$
 1: 50 000, $l = 5$ см, $L = ?$
 1: 500 000, $l = 2$ см, $L = ?$
 1: 10 000, $l = 4$ см, $L = ?$
 1: 25 000, $l = 3$ см, $L = ?$

Например: 1 : 5 000, $l = 4$ см, $L = ?$ - в 1 см 50 м, в 4 см 200 м,
 $L = 200$ м (4 см на карте соответствует 200 м на местности).

Работа № 2. Измерение по картам длин линии

Прямолинейные отрезки на карте измеряют с помощью циркуля и линейки с миллиметровыми делениями способом створов, кривые линии - разбивкой на прямые отрезки постоянным раствором циркуля, курвиметром. При установке циркуля на карте и линейном масштабе необходимо, чтобы ножки циркуля были перпендикулярны плоскости карты или масштаба.

Производя измерения, надо бережно обращаться с картой, не делать грубых наколов циркулем, а также чернильных пометок. Карандашные пометки обязательно аккуратно после стереть.

В полевых условиях, при отсутствии данных приборов можно использовать способ влажной нитки.

Любые измерения на карте неизбежно сопровождаются погрешностями (ошибками). Например, при измерении линии длиной 10 см, возможна относительная ошибка в 1-2 мм. Более точные результаты измерений получают при использовании карт крупных масштабов.

Определяя расстояния между объектами, не учитываются спуски и подъемы по гористой местности. Поэтому получаемый по карте результат следует с учетом характера местности и масштаба карты умножить на поправочный коэффициент (табл. 2).

Таблица 2

местность	Поправочный коэффициент		
	поправочный коэффициент		
	1 : 50 000	1 : 100 000	1 : 200 000
горная	1,15	1,2	1,25
холмистая	1,05	1,1	1,15
равнинная	1,0	1,0	1,05

Измерять заданное расстояние надо между главными точками условных знаков, изображающих названные объекты, стрелочки указывают эти точки для разных типов условных знаков.



Рис. 1. Некоторые немасштабные знаки.

Стрелочки указывают те точки знаков, которые соответствуют центрам самих изображаемых объектов (главная точка условного знака)

Задание 1. Определите расстояние по прямой между двумя пунктами (используя линейку) по карте «Труновское» (1: 50 000):

- г. Полетная (кв. 0381) - г. Маниста (кв. 9887);
- г. Маниста (кв. 9887) - г. Упорная (кв. 0788);
- школа с. Валувка (кв. 1186) - г. Безопасная (кв. 0993);
- школа с. Заветное (кв. 0185) - перевал Вагай (кв. 0294).

Например: г. Полетная (кв. 0381) - г. Маниста (кв. 9887); расстояние между объектами измеряют линейкой в (см) = 15,4 см, масштаб карты 1: 50 000, в 1 см 500 м, $15,4 \text{ см} \cdot 500 \text{ м} = 7700 \text{ м} = 7,7 \text{ км}$; местность горная, поэтому необходимо умножить на поправочный коэффициент $7,7 \text{ км} \cdot 1,15 = 8,85 \text{ км}$.

Задание 2. Определите расстояние используя способ влажной нитки по карте «Труновское» (1 : 50 000). Влажную нитку накладывают на исследуемый объект и при помощи линейки узнают ее длину в (см). Используя масштаб карты находят расстояние.

- по прямой от т. 551,0 (кв. 9889) до т. 502,1 (кв. 0689);
- длину реки Мана от водопада Угрюмый (кв. 0986) до отметки уреза воды 28,1 (кв. 1484).

Задание 3. По карте «Труновское» (1 : 50 000) измерить раствором циркуля-измерителя длину отрезка реки Гутара от дома лесника (кв. 0782) до отметки уреза воды 24,5 (кв. 1281).

- «шаг» циркуля - 5 мм;
- «шаг» циркуля - 4 мм;

в) «шаг» циркуля - 3 мм. Сравнить результаты.

Измерения длины извилистой линии сводится к последовательному откладыванию малого его раствора по измеряемой линии. Для того, чтобы найти длину заданного отрезка в метрах или километрах, необходимо определить цену одного раствора.

Например, в результате измерений отрезка реки раствором, равным 2 мм по карте масштаба 1 : 100 000, получилось 63 раствора:

а) т.к. 1 см на карте соответствует 1 км на местности, то в 1 мм содержится 100 м, а в 2 мм - 200 м. Это и есть цена раствора циркуля. $63 \cdot 200 \text{ м} = 12600 \text{ м} = 12,6 \text{ км}$;

б) $2 \text{ мм} \cdot 63 \text{ раствора} = 126 \text{ мм} = 12,6 \text{ см} \cdot 1 \text{ км} = 12,6 \text{ км}$.

Задание 4. Определите расстояние между объектами, используя циркуль и линейный масштаб карты «Труновское» (1 : 50 000).

Небольшие расстояния на карте между двумя пунктами по прямой линии легче и быстрее определить, пользуясь линейным масштабом карты. Для этого достаточно циркулем, раствор которого равен расстоянию между заданными точками на карте, приложить к линейному масштабу и снять отсчет в (м) или (км).

Раствор циркуля должен располагаться на линейном масштабе так, чтобы правая игла находилась точно на одном из штрихов вправо от 0, а левая - в пределах левого основания масштаба.

а) от т. 644,0 (кв. 9787) до т. 551,0 (кв. 9889);

б) от т. 532,6 (кв. 9984) до т. 623,3 (кв. 9986);

в) от склада горючего (кв. 0184) до школы с. Заветное (кв. 0185).

Работа № 3. Географическая система координат

Географическая система координат принята во всем комплексе географических наук, в морской и воздушной навигациях.

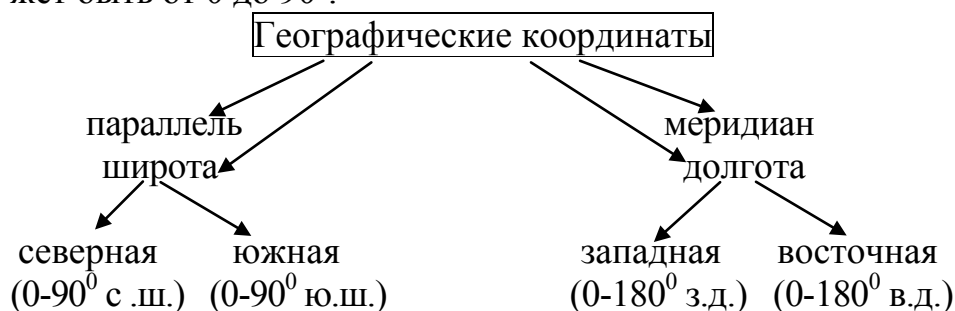
Местоположение любой точки на поверхности Земли определяют по географическим координатам (широте и долготе). Эта точка пересечения параллели и меридиана. Линии меридианов и параллелей образуют градусную сеть Земли, а их изображение на картах называют картографической сеткой.

Параллель - линия пересечения земного эллипсоида плоскостью, перпендикулярной оси вращения (линия, условно проведенная параллельно линии экватора).

Меридиан - линия пересечения земного эллипсоида плоскостью, проходящей через данную точку и ось суточного вращения Земли (кратчайшая линия, условно проведенная от одного полюса к другому).

За начальный меридиан в СНГ принят Гринвичский, проходящий через астрономическую обсерваторию в Гринвиче (пригороде Лондона), его долгота равна 00. Долгота точек, лежащих к востоку от него, считается восточной, к западу - западной. Значение долготы точек может быть от 0 до 180^0 .

Широта экватора 00. Широта точек, лежащих в северном полушарии, считается северной, лежащих в южном полушарии - южной. Значение широты может быть от 0 до 90^0 .



Глобус - уменьшенная модель земного шара. Глобус дает правильное и наглядное представление о форме Земли, о размерах, форме и взаимном положении частей земной поверхности (материков, океанов и пр.), а также показывает точное положение и вид элементов земного шара - оси вращения, полюсов, географической сетки. Радиус Земли принимают равным 6371,1 км, длину экватора - около 40 000 км. Масштабы глобусов, имеющих практическое применение, колеблются от 1 : 80 000 000 до 1 : 30 000 000. Масштаб глобуса можно определить, взяв отношение длины экватора глобуса к длине экватора Земли. Кратчайшее расстояние на глобусе между заданными пунктами по дуге большого круга называют - ортодромией. Ответьте на вопросы:

- какую форму имеют клетки географической сетки глобуса?
- какие объекты земного шара пересекает экватор?
- на какой широте проходят тропики, полярные круги, почему их выделяют?
- какие точки земного шара определяются одной координатой?
- какой масштаб имеет школьный глобус?

Покажите на глобусе экватор, северный и южный полюс, гринвичский меридиан; западное, восточное, северное и южное полушарии.

Задание 1. Определите географические координаты точек городов по глобусу или по карте масштаба 1 : 1000 000: г. Москва, г. Улан-Удэ, г. Мадрид, г. Дакар, г. Новосибирск, г. Аден.

Нахождение географических координат по крупномасштабным (топографическим) картам.

Любая топографическая карта имеет 3 рамки:

1) внешняя рамка - утолщенная рамки, которая разграничивает саму карту от элементов оснащения и дополнительных характеристик;

2) внутренняя рамка - ограничивает картографическое изображение. Она образована выпрямленными дугами параллелей и меридианов. В углах этой рамки подписаны их географические координаты; 3) минутная рамка (находится между внешней и внутренней) - эта рамка разделена на отрезки (черного и белого цвета), соответствующие 1 минуте (') широты или долготы. Каждое минутное деление точками (находятся между минутной рамкой и внешней) разби-

то точками на 6 частей по 10 секунд (^{//}) каждая.

Задание 2. Найти на картах «Труновское», «Чарков», «Морозовск» (1 : 50 000) три вида рамок.

Запомнить: $1^0 = 60'$ $1' = 60''$ $1^0 = 360''$.

Существует определенная методика нахождения географических координат по топографическим картам. Приведем упрощенную ее схему. Используя линейку (угольник) и хорошо заточенный карандаш, провести перпендикулярно минутной рамке линии пересечения с исследуемой точкой. При пересечении этих линий с минутной рамкой определить географические координаты. Широта точки будет складываться из широты южной рамки листа карты, количества минут, отсчитанных до ближайшей параллели под точкой, и приращения от ближайшей параллели до точки (в секундах). Аналогично долгота точки будет равна сумме долготы западной рамки листа, количества минут и секунд.

Задание 3. Определить географические координаты (⁰; ' ; "), следующих пунктов по топографической карте.

а) «Труновское» (1: 50 000): т. 581,0 (кв. 9979), т.121,2 (кв. 1480), т.560,0 (кв. 9794), т. 325,0 (кв. 1497);

б) «Чарков» (1: 50 000): т. 371,0 (кв. 1606), т. 93,1 (кв. 2317);

в) «Морозовск» (1: 50 000): т. 38,6 (1513), т. 78,1 (кв. 2301).

Например: на карте «Труновское» географические координаты т. 581,0 (кв. 9979) = (48°41'35" с.ш.; 66°00'31" в.д.).

Задание 4. Найдите объект на карте, зная его географические координаты:

а) «Труновское» (1:50 000): (48°43'10" с.ш.; 66°04'05" в.д.); (48°42'10" с.ш.; 66°12'00" в.д.);

б) «Чарков» (1: 50 000): (48°53'52" с.ш.; 65°49'30" в.д.); (48°53'52" с.ш.; 65°54'45" в.д.);

в) «Морозовск» (1:50 000): (48°51'00" с.ш.; 66°17'51" в.д.); (48°56'42" с.ш.; 66°18'31" в.д.).

Задание 5. Нанесите точку на карту по заданным координатам.

а) «Чарков» (48°52'40" с.ш.; 65°56'30" в.д.);

б) «Морозовск» (48°52'12" с.ш.; 66°19'05" в.д.).

Километровая сетка - сетка квадратов, линии которой проведены параллельно экватору и осевому меридиану зоны. через определенное число километров. Координаты линий подписаны между внутренней и минутной рамками (полностью - около углов рамки, сокращенно - все остальные). С помощью такой сетки можно быстро находить координаты объектов, наносить точки, указывать местоположение изображенных объектов.

На концах каждой горизонтальной линии километровой сетки указано расстояние этой линии от экватора в км.

Например: ⁵³98 - эта линия расположена на расстоянии 5398 км от экватора.

На концах вертикальных линий км сетки указано номер зоны (одна или 2 левые цифры) и цифра данной линии в км (всегда три правые цифры).

Например: $25^{\circ}28'00''$ - эта линия находится в 25 зоне по принятой номенклатуре, 280 км от осевого меридиана своей зоны.

Подписи за внешней рамкой карты - это подписи соседних листов карты, для того чтобы проводить правильную стыковку. Кроме того, у выходов железнодорожных и шоссейных дорог за внутренней рамкой карты дано название ближайшего города, поселка или станции, куда ведет данная дорога, с указанием расстояния в (км) от рамки до этого пункта (см. карты).

Работа № 4. Разграфка и номенклатура листов карт

1. Проанализируйте пространственную ассоциацию подтипов почв с типами рельефа данным ГИС Сатино. Для этого выполните оверлей между слоями *RelTypes* и *SoilTypes* методом `st_intersection()`. Для каждого подтипа почв рассчитайте долю, которая занята в его площади каждым типом рельефа. Визуализируйте результаты средствами **ggplot2** в виде столбчатой диаграммы, где каждый столбик отвечает за подтип почвы, а его внутреннее разделение соответствует долям типов рельефа. Используя функцию `cramerV()` из пакета **rcompanion**, рассчитайте коэффициент ассоциации Крамера, чтобы охарактеризовать силу ассоциации между этими номинальными переменными.

ВВЕДЕНИЕ В ГЕОДЕЗИЮ

Геодезия - наука, изучающая фигуру и размеры Земли, разрабатывающая методы создания координатных систем для изучения земной поверхности и проведения на ней методов различных измерений, необходимых для наблюдений за движениями и деформациями земной коры, для установления высоты и разностей уровней морей и океанов, изучения дрейфов полюсов Земли, решения различных инженерных задач строительства.

Современная геодезия – это наука об определении формы и размеров Земли, об измерениях на земной поверхности для отображения ее на планах и картах. Она решает задачи на основе измерений, выполняемых геодезическими инструментами и приборами.

Несмотря на многообразие инженерных сооружений, при их проектировании и возведении решаются следующие общие задачи: получение геодезических данных при разработке проектов строительства сооружений (инженерно-геодезические изыскания); определение на местности основных осей и границ сооружений в соответствии с проектом строительства (разбивочные работы); обеспечение в процессе строительства геометрических форм и размеров элементов сооружения в соответствии с его проектом, геометрических условий установки и наладки технологического оборудования; определение отклонений геометрической формы и размеров возведенного сооружения от проектных (исполнительные съемки); изучение деформаций (смещений) земной поверхности под сооружением, самого сооружения или его частей под воздействием природных факторов и в результате действий человека.

Инженерно-геодезические измерения выполняют непосредственно на местности в различных физико-географических условиях, поэтому необходимо заботиться об охране окружающей природы: не допускать повреждений лесов, сельскохозяйственных угодий, не загрязнять водоемов.

Работа № 5. Устройство теодолитов Т30, 2Т30

Цель работы – ознакомиться с назначением и техническими характеристиками теодолита, изучить устройство основных частей прибора.

Материалы, приборы и принадлежности: штатив, отвес, теодолит, чертежные инструменты.

Задание:

1. Изучить устройство теодолита.
2. Установить прибор в рабочее положение.
3. Произвести визирование на точку.
4. Взять отсчеты по горизонтальному и вертикальному кругам теодолита, полученные отсчеты показать на зарисованных отсчетных устройствах теодолитов Т30 и 2Т30.

Теодолит - прибор для измерения горизонтальных и вертикальных углов (см. рис. 6).

Классификация теодолитов. Теодолиты различаются по точности и по виду отсчетных устройств.

В зависимости от точности измерения горизонтальных углов теодолиты разделяются на 3 типа:

- высокоточные – для измерения углов в триангуляции и полигонометрии 1 и 2 кл.
- точные – для измерения углов в триангуляции и полигонометрии 3 и 4 кл.
- технические – для измерения углов в теодолитных и тахеометрических ходах и съемочных сетях.

В условных обозначениях теодолитов цифра означает среднюю квадратическую погрешность измерения горизонтального угла одним приемом в секундах (для Т 30 и 2Т30 = 30").

По виду отсчетных устройств различают верньерные и оптические.

Отсчетные устройства в виде верньеров использовались в теодолитах с металлическими кругами (ТТ-5 и др.).

Оптические теодолиты – это теодолиты со стеклянными угломерными кругами и оптическими устройствами: в них с помощью оптической системы изображения горизонтального и вертикального кругов передаются в поле зрения специального микроскопа.

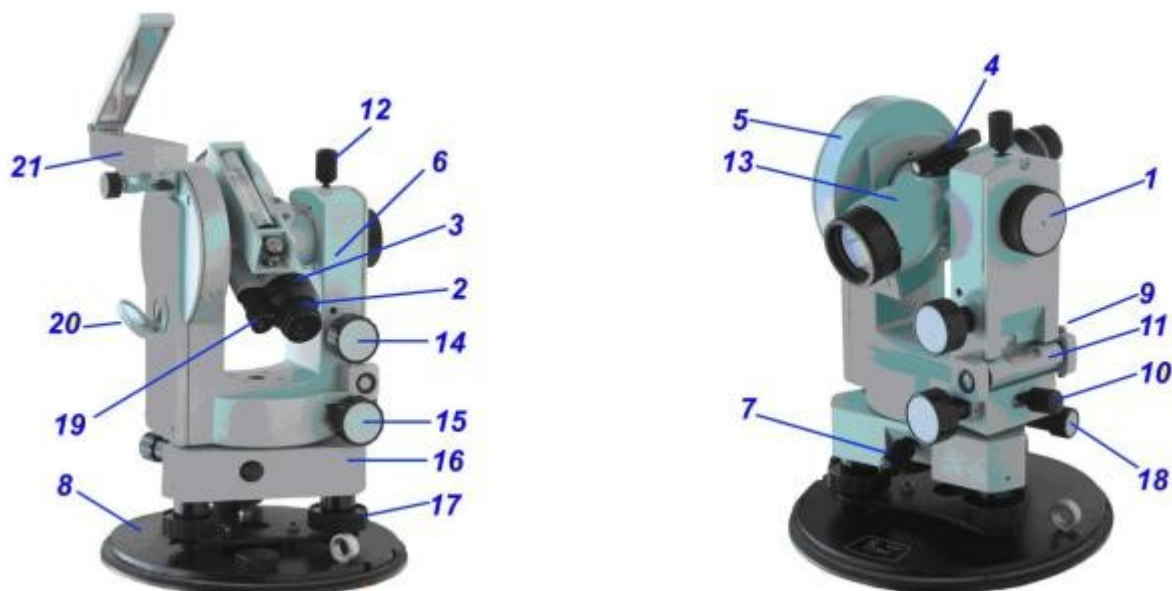


Рис. 2. Устройство теодолита 2Т30:

где: 1 – кремальера; 2 – диоптрийное кольцо; 3 – колпачек, под которым расположены исправительные винты сетки нитей; 4 – оптический визир; 5 – вертикальный круг; 6 – колонка; 7 – закрепительный винт лимба; 8 – основание фут-

ляра; 9 – исправительный винт уровня; 10 – закрепительный винт алидады; 11 – уровень; 12 – закрепительный винт зрительной трубы; 13 – зрительная труба; 14 – наводящий винт зрительной трубы; 15 – наводящий винт алидады; 16 – подставка; 17 – подъемные винты.

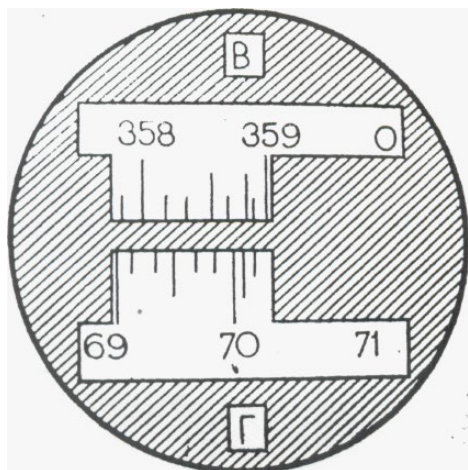


Рис. 3. Штатив

В комплект теодолита также входит штатив (см. рис. 3) со станovým винтом и отвесом.

Отсчетные устройства теодолитов

Т 30
штриховой микроскоп



2 Т 30
шкаловый микроскоп

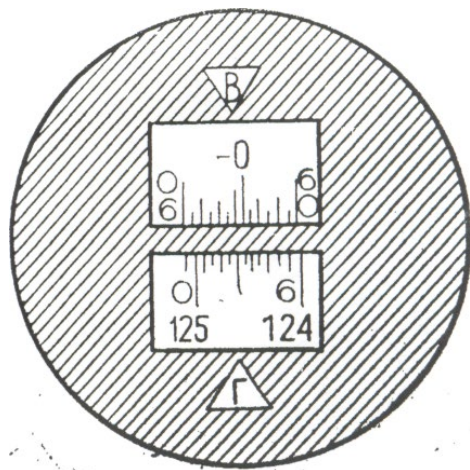


Рис. 4. Отсчетные устройства:

Т30 – цена деления = $10'$, точность взятия отсчетов – $1'$, отсчеты по вертикальному кругу – $358^{\circ} 48'$, по горизонтальному кругу – $70^{\circ} 05'$;

2Т30 – цена деления = $5'$, точность взятия отсчетов - $0,5'$. отсчеты- по вертикальному кругу – $0^{\circ} 25'$, по горизонтальному кругу – $125^{\circ} 05'$.

Установка теодолита в рабочее положение

Перед началом измерений теодолит устанавливается над точкой в рабочее положение, то есть производится центрирование над точкой, горизонтирование и установка зрительной трубы для наблюдений.

Центрирование – совмещение центра лимба горизонтального круга с отвесной линией, проходящей через точку стояния прибора. Центрирование может быть выполнено с помощью нитяного отвеса, либо оптического центрира: штатив устанавливается так, чтобы отвес оказался приблизительно над точкой, а головка штатива была примерно горизонтальна. Затем, ослабив становой винт, теодолит перемещают по головке штатива до положения, когда острие отвеса будет находиться над точкой, после этого становой винт закрепляют.

При центрировании с помощью оптического центрира теодолит перемещают по головке штатива до тех пор, пока в поле зрения центрира центр точки не совпадает с центром сетки нитей.

Горизонтирование – приведение оси вращения теодолита в отвесное положение, а плоскости лимба – в горизонтальное. Предварительное горизонтирование прибора грубо достигается при установке штатива, а точное приведение выполняется подъемными винтами с использованием цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга.

Алидаду горизонтального круга ставят параллельно двум подъемным винтам (любым) и, вращая в разных направлениях, приводят пузырек уровня на середину. Затем поворачивают алидаду примерно на 90° и третьим подъемным винтом снова приводят пузырек на середину. Далее уровень возвращают в первоначальное положение и, если пузырек ушел из середины, подправляют уровень подъемными винтами, поворачивают алидаду на 180° и проверяют положение пузырька.

Установка трубы по глазу наблюдателя. Для этого вращением диоптрийного кольца окуляра добиваются четкого изображения сетки нитей, а вращением диоптрийного кольца микроскопа – изображения делений оцифровки на лимбах вертикального и горизонтального кругов.

Поверки и юстировки теодолитов

Цель работы - ознакомиться с основными поверками и юстировками теодолитов, и выполнить поверки.

Материалы, приборы и принадлежности: штатив, отвес, теодолит, чертежные инструменты.

Задание:

1. Изучить основные оси теодолита.
2. Выполнить поверки.
3. Записать результаты поверок.

До начала полевых работ выполняют *поверки* теодолита.

Поверки теодолита заключается в установлении правильности выполнения ряда геометрических условий, предъявляемых к прибору. При обнаружении невыполнения каких-либо условий производят исправление, называемое *юстировкой*.

Порядок выполнения проверок

1. *Ось цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга должна быть перпендикулярна вертикальной оси теодолита.*

Для проверки этого условия поворачивают алидаду так, чтобы ось уровня расположилась приблизительно параллельно прямой, соединяющей два подъемных винта подставки, и вращением этих винтов выводят пузырек уровня в нуль-пункт. Затем поворачивают алидаду на 90° и третьим винтом устанавливают пузырек опять на середину. Поворотом алидады на 180° оценивают смещение пузырька от среднего положения. Если пузырек отклонился более чем на одно деление, выполняется юстировка. В этом случае, действуя подъемными винтами, перемещают пузырек уровня на половину делений отклонения и исправительными винтами приводят уровень в нуль-пункт.

После юстировки проводят повторную проверку. При любом положении алидады пузырек уровня должен находиться в нуль-пункте.

2. *Визирная ось зрительной трубы должна быть перпендикулярна ее горизонтальной оси вращения.*

Угол C отклонения визирной оси от перпендикуляра к оси вращения трубы называется коллимационной ошибкой (рис. 5). Для выявления коллимационной ошибки удаленную, выбирают хорошо видимую точку, расположенную так, чтобы линия визирования была примерно горизонтальна. Наводят трубу на эту точку при двух положениях вертикального круга, берут отсчеты по лимбу горизонтального круга.

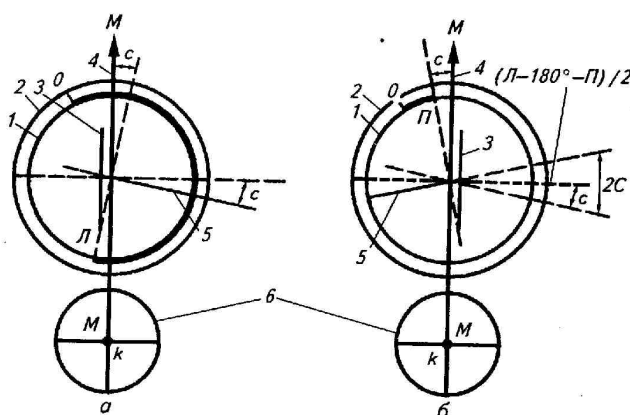


Рис. 5. Коллимационная ошибка

Определение коллимационной ошибки делается дважды с поворотом лимба после первого определения на 180° . Величина коллимационной ошибки c определяется по формуле:

$$c = \frac{(KЛ_1 - КП_1 \pm 180^\circ) + (KЛ_2 - КП_2 \pm 180^\circ)}{4}$$

Если значение C превышает точность отсчетного устройства (для ТЗО $t=1'$, то есть $|c| \leq 2t$), вычислить исправленные показания для горизонтального круга по формуле $КЛ_{испр} = КЛ - c$ (или $КП_{испр} = КП + c$) и с помощью наводящего винта алидады устанавливают их. В этом случае произойдет смещение перекрестия сетки нитей относительно наблюдаемой точки. Предварительно ослабив вертикальные винты сетки нитей, боковыми винтами передвигают сетку до точного совмещения перекрестия с изображением предмета. Поверку следует повторить.

3. *Горизонтальная ось вращения зрительной трубы должна быть перпендикулярна к вертикальной оси теодолита.*

Для проверки этого условия теодолит на штативе устанавливают по уровню на расстоянии 10 – 20 м от стены (рис. 6). Выбирают и отмечают на стене точку M (или укрепляют марку) под углом $25 - 30^\circ$ к горизонту. Наводят на эту точку зрительную трубу и при круге лево и право проектируют точку M вниз отмечают точки m_1 и m_2 . Условие считается выполненным, если расстояние между точками m_1 и m_2 не превышает две ширины биссектора сетки нитей.

Угол i в радианной мере определяются по формуле

$$i = \frac{m_1 m_2}{2Mm},$$

где $m_1 m_2$ – отрезок, измеряемый миллиметровой линейкой;

M_m – расстояния, приблизительно измеряемое при помощи рейки, вехи, рулетки.

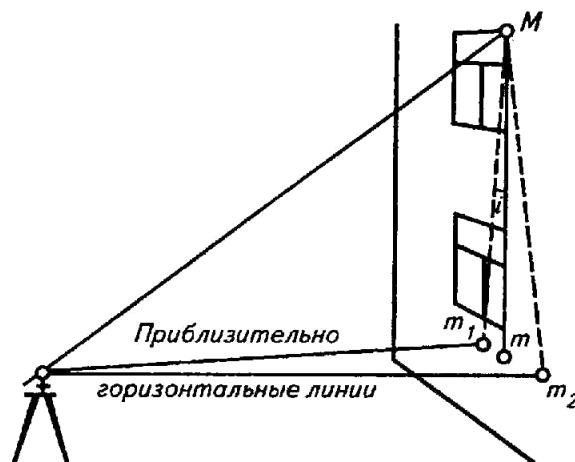


Рис. 6. Схема проверки горизонтальности оси вращения трубы

Значение наклона горизонтальной оси i не должно быть более $1'$. Если указанные условия не выполнены, то прибор подлежит ремонту в мастерской.

4. *Вертикальная нить сетки должна быть установлена отвесно, то есть находится в коллимационной плоскости.*

Теодолит устанавливают на штативе и приводят вертикальную ось в отвесное положение. Зрительную трубу наводят на визирную цель и совмещают изображение цели с левым концом горизонтального штриха сетки нитей. Затем, вращая прибор наводящим винтом алидады, следят, не сходит ли изображение цели с правого конца штриха сетки нитей. Если оно сходит более чем на три ширины штриха, то необходимо снять защитный колпачок сетки нитей, ослабить четыре крепежных винта окуляра и повернуть окуляр так, чтобы средний штрих сетки расположился горизонтально. После этого окуляр закрепляют, а защитный колпачок устанавливают на место.

Работа № 6. Измерение горизонтальных углов

Цель работы – ознакомиться с основными способами измерения углов, измерить горизонтальный и вертикальный угол.

Материалы, приборы и принадлежности: штатив, отвес, теодолит, чертежные инструменты, журнал для измерения углов.

Задание:

1. Привести теодолит в рабочее положение.
2. Измерить горизонтальный угол.
3. Результаты измерений записать в журнал.

Горизонтальный угол (β) – это ортогональная проекция пространственного угла местности на горизонтальную плоскость (см. рис. 7)

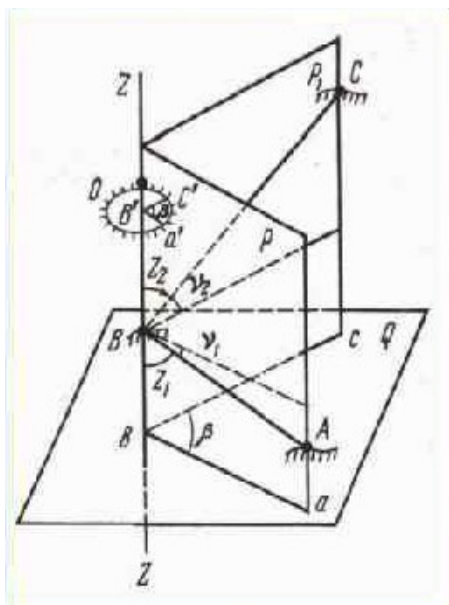


Рис. 7. Принцип измерения горизонтальных и вертикальных углов

В зависимости от конструкции приборов, условий измерений и предъявляемых к ним требований применяются следующие способы измерения горизонтальных углов:

1. *Способ приемов (способ отдельного угла)* – для измерения отдельных углов при проложении теодолитных ходов, выносе проектов в натуру и т.д.

2. *Способ круговых приемов* – для измерения углов из одной точки между тремя направлениями и более в сетях триангуляции и полигонометрии низких классов (разрядов).

3. *Способ повторений* – для измерения углов, когда необходимо повысить точность окончательного результата измерения путем ослабления влияния погрешностей отсчитывания. Используется при работе с техническими повторительными теодолитами.

В геодезии измеряют правые или левые по ходу горизонтальные углы.

Порядок измерения горизонтального угла способом приемов

В вершине измеряемого угла B (см. рис. 7) устанавливают теодолит и приводят его в рабочее положение, а на правой (a) и левой (c) точках устанавливают вехи. Вехи устанавливают обычно за точками вдоль измеряемых направлений с точностью ± 5 мм и по возможности вертикально. Крест сетки нитей трубы при измерении горизонтальных углов наводят на основание вехи, чтобы избежать ошибок за ее наклон.

Для исключения грубых ошибок и повышения точности измерений угла его значение получают из двух полуприемов: при круге лево (КЛ) и при круге право (КП).

Положение, при котором вертикальный круг находится слева от наблюдателя, смотрящего в окуляр, «круг лево».

Первый полуприем. Измерения начинают при КЛ. Для измерения правого по ходу угла закрепляют лимб, открепляют алидаду и трубу и наводят зрительную трубу по оптическому визиру на правую (заднюю) точку. Затем закрепляют зажимные винты алидады и трубы и, отфокусировав зрительную трубу (кремальерой) по предмету, выполняют точное визирование с помощью наводящих винтов трубы и алидады. Поле зрения отсчетного микроскопа освещают зеркалом, берут отсчет a по горизонтальному кругу и записывают его в журнал (табл. 3).

Открепляют алидаду и трубу, визируют на левую (переднюю) точку и по аналогии с предыдущим берут отсчет b . Значение угла β вычисляют как разность двух отсчетов – правый (задний) минус левый (передний): $\beta_{кл} = a - b$ (получив при этом правый по ходу угол).

Второй полуприем. Открепляют лимб и смещают его примерно на 90° , закрепляют лимб. Затем открепляют алидаду и поворачивают ее на 180° , а зри-

тельную трубу переводят через зенит и при другом круге (КП) повторяют измерения. Вычисляют значение угла при КП.

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

Контроль. Расхождение результатов измерений по первому и второму полуприемам не должно превышать двойной точности отсчетного устройства теодолита

$$\beta_{\text{КЛ}} - \beta_{\text{КП}} \leq 2t,$$

(для теодолитов: ТЗ0 - $\pm 2'$; 2ТЗ0 - $\pm 1',0$).

Если расхождение допустимо, то за окончательный результат принимается среднее значение угла

$$\beta_{\text{ср}} = (\beta_{\text{КЛ}} + \beta_{\text{КП}})/2.$$

Таблица 3

Журнал измерения горизонтальных углов

Точки		Поло- жение круга	Отсчеты по гори- зонтальному кру- гу	Углы в полу- приемах	Среднее из углов
стояния	визирования				
В	а с	КЛ			
	а с	КП			

Примечание. Измерение и вычисление левого по ходу горизонтального угла производится в аналогичной последовательности с той лишь разницей, что левый по ходу угол в каждом полуприеме рассчитывается как разность отсчетов на левую (переднюю) и правую (заднюю) точки, $\beta = a - c$.

Все вычисления в полевом журнале (вплоть до вывода среднего значения угла) выполняются до снятия теодолита со станции.

Наиболее благоприятным временем для измерения углов являются периоды спокойных изображений: утром до 10 ч и с 15 ч до наступления сумерек. Ошибки измерения углов складываются из ошибок центрирования теодолита, установки визирных знаков, из ошибок отсчета по горизонтальному кругу и ошибок визирования.

Работа № 7. Измерение вертикальных углов

В геодезии углы наклона линий в зависимости от их расположения относительно линии горизонта могут быть положительными и отрицательными.

При измерении вертикальных углов, так же, как и горизонтальных, приходится наводить крест сетки нитей на визирные знаки. Обычно эти знаки представляют собой переносные или постоянные вехи, на которых отмечена точка визирования.

Вертикальный угол - состоит из угла наклона и зенитного расстояния (см. рис. 7).

Угол наклона (v) – разность двух направлений в вертикальной плоскости, т.е. угол между горизонтальной плоскостью и направлением на точку.

Зенитное расстояние (z) – вертикальный угол между отвесной линией и направлением на точку.

Теодолит устанавливают над точкой, приводят в рабочее положение и приступают к измерениям.

Визируют на точку при КЛ и берут отсчет по вертикальному кругу, который записывают в журнал измерений (табл. 4). Для исключения влияния МО вертикального круга измерения повторяют при втором положении круга (КП).

Таблица 4

Журнал измерения вертикальных углов

Станция	Точки визирования	Положение круга	Отсчеты по вертикальному кругу	МО	Значение угла
В	с	КЛ			
		КП			
	а	КЛ			
		КП			

МО – это угол между горизонтальной плоскостью и визирной линией, когда зрительная труба находится в горизонтальном положении, а пузырек уровня при алидаде горизонтального круга – в нуль-пункте.

Далее вычисляют МО и угол наклона v .

Значение угла наклона линии визирования и МО рассчитывают в зависимости от типа применяемого теодолита по следующим формулам:

T30

$$МО = (КЛ + КП + 180^\circ) / 2$$

$$v = КЛ - (КП + 180^\circ) / 2$$

Контроль:

$$v = КЛ - МО$$

$$v = МО - (КП + 180^\circ)$$

К величинам КП, КЛ и МО, меньшим 90° необходимо прибавлять 360°

2Т30, Т15, 2Т5 и др.

$$МО = (КЛ + КП) / 2$$

$$v = (КЛ - КП) / 2$$

Контроль:

$$v = КЛ - МО$$

$$v = МО - КП$$

Правильность измерения вертикальных углов на станции контролируется постоянством МО, колебания которого в процессе измерений не должны превышать двойной точности отсчетного устройства.

Изменение места нуля может происходить от неточного выведения пузырька уровня на середину, от неточного наведения горизонтальной нити на визирный знак и от ошибок в отсчетах. Непостоянство места нуля вызывается также тем, что исправительные винты уровня или нитей недостаточно затянуты или лимб нежестко скреплен с осью вращения трубы. Эти причины должны быть устранены тщательной подготовкой теодолита к измерениям.

Работа № 8. Обработка результатов измерений в замкнутом теодолитном ходе

Цель работы - ознакомиться со схемой обработки результатов измерений в теодолитном ходе.

Материалы, приборы и принадлежности: чертежные инструменты, калькулятор.

Задание:

1. Составить схему теодолитного хода.
2. Выписать исходные данные (табл. 5 и 8).
3. Обработать угловые измерения и вычислить дирекционные углы сторон.
4. Вычислить приращения координат и координаты вершин хода.
5. Оценить точность сделанных вычислений.
6. Внести полученные результаты в ведомость установленной формы (табл. 9).

Исходные данные

Для выполнения тахеометрической съемки в качестве планового обоснования был проложен замкнутый теодолитный ход (см. рис. 8). Горизонтальные углы в ходе были измерены техническими теодолитами способом приемов, а длины сторон – стальными мерными лентами.

Таблица 5

Исходные данные

Вершины	Измеренные углы β изм	Горизонтальные проложения, м, d
1	71° 35' 15"	
		108,32
2	51° 43' 15"	
		122,91
3	56° 42' 15"	
		101,67

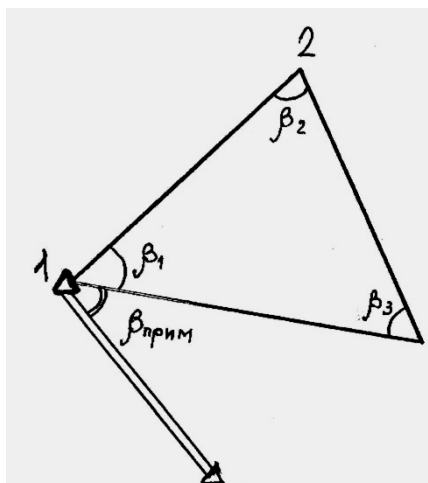


Рис. 8. Схема теодолитного хода

Порядок выполнения работы

Камеральную обработку начинают с проверки и обработки полевых журналов. Затем составляют схему теодолитных ходов. У вершин подписывают средние значения горизонтальных углов, а возле каждой стороны – ее горизонтальную длину. На схему наносят также пункты геодезической сети, к которым осуществлялась привязка теодолитных ходов (B , I).

Вычислительные работы по определению координат вершин теодолитного хода включают в себя:

1. обработку угловых измерений и вычисление дирекционных углов сторон;
2. вычисление приращений координат;
3. вычисление координат вершин хода.

Все вычисления ведутся в специальной ведомости. В ведомость выписывают все исходные данные и начинают обработку.

1. Обработка угловых измерений и вычисление дирекционных углов сторон

- 1) Вычисляют сумму измеренных углов

$$\sum \beta_{изм} = \beta_1 + \beta_2 + \dots + \beta_n;$$

- 2) Вычисляют теоретическую сумму углов

$$\sum f_{\beta \cdot теор} = 180 \cdot (n - 2),$$

где n – количество углов.

- 3) Вычисляют угловую невязку

$$f_{\beta} = \sum \beta_{изм} - \sum \beta_{теор}.$$

- 4) Полученную угловую невязку сравнивают с допустимой невязкой,

$$f_{\beta_{изм}} \leq f_{\beta_{дон}},$$

$$f_{\beta_{дон}} = \pm 1' \sqrt{n}.$$

где n – количество углов.

Т.к. величина угловой невязки характеризует точность измерения углов, она не должна быть больше предельно допустимой величины\

Если измеренная невязка $f_{\beta_{изм}}$ не превышает допустимой, то вычисления продолжают. В противном случае повторяют полевые измерения.

5) Угловую невязку распределяют по измеренным углам поровну с обратным знаком

$$\delta_{\beta} = -\frac{f_{\beta_{изм}}}{n},$$

при этом

$$\sum \delta_{\beta} = -f_{\beta_{изм}}.$$

Если невязка не делится без остатка на число углов, то несколько большие поправки вводят в углы с короткими сторонами, вследствие неточности центрирования теодолита и вех.

6) Вычисляют исправленные углы.

Контролем правильности вычислений является равенство

$$\sum \beta_{испр} = \sum \beta_{изм} + \sum \delta_{\beta_i}.$$

7) Вычисляют дирекционные углы. В предложенной задаче дирекционный угол исходной стороны α_{B-1} необходимо найти, решив обратную геоде-

$$tg r_{B-1} = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y_1 - y_B}{x_1 - x_B}$$

зическую задачу, отсюда

$$r_{B-1} = \arctg \frac{\Delta y}{\Delta x}.$$

Для перехода от табличного угла (r) к дирекционному углу (α) необходимо учесть знаки приращений координат (табл. 6), определить в какой четверти лежит данное направление, учитывая знаки приращений координат. Затем, руководствуясь соотношением между табличными и дирекционными углами, находят дирекционный угол направления (рис. 9 и табл. 7).

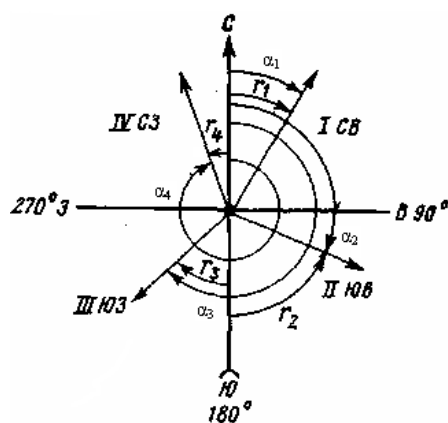


Рис. 9. Связь между дирекционными углами и румбами

Таблица 6

Знаки приращений координат

Приращения координат	Дирекционный угол			
	0—90° (I четверть)	90—180° (II четверть)	180—270° (III четверть)	270—360° (IV четверть)
Δx	+	-	-	+
Δy	+	+	-	-

Таблица 7

Взаимозависимость r и α

Ориентирующий угол	Четверть			
	I (СВ)	II (ЮВ)	III (ЮЗ)	IV (СЗ)
Румб	$r_1 = A_1$	$r_2 = 180^\circ - \alpha$	$r_3 = \alpha - 180^\circ$	$r_4 = 360^\circ - \alpha$
Дирекционный угол	$\alpha_1 = r_1$	$\alpha_2 = 180^\circ - r_2$	$\alpha_3 = 180^\circ + r_3$	$\alpha_4 = 360^\circ - r_4$

Далее вычисляют дирекционные углы остальных сторон по формулам:

$$\alpha_i = \alpha_{i-1} + 180^\circ - \beta_{np} \text{ (правые углы);}$$

$$\alpha_i = \alpha_{i-1} - 180^\circ + \beta_{лев} \text{ (левые углы),}$$

где α_i — дирекционный угол определяемой стороны;

α_{i-1} — дирекционный угол предыдущей стороны;

β_{np} — правый (левый) исправленный угол между этими сторонами.

Контролем правильности вычисления дирекционных углов сторон полигона является повторное получение дирекционного угла начальной стороны α_{B-1} .

2. Вычисление приращений координат и координат вершин хода координат и координат вершин хода

8) Вычисляют приращения координат:

$$\Delta x = d \cos \alpha$$

$$\Delta y = d \sin \alpha.$$

9) Вычисляют суммы приращений координат $\Sigma \Delta x$ и $\Sigma \Delta y$.

Поскольку полигон замкнутый, то теоретическая сумма приращений координат должна быть равна нулю, то есть $\Delta x = 0$; $\Delta y = 0$. Однако, на практике вследствие погрешностей угловых и линейных измерений суммы приращений координат равны не нулю, а некоторым величинам f_x и f_y , которые называются невязками в приращениях координат $f_x = \Sigma \Delta x$; $f_y = \Sigma \Delta y$.

В результате этих невязок полигон окажется разомкнутым на величину абсолютной линейной невязки

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

Оценивают точность угловых и линейных измерений по величине относительной линейной невязки

$$f_{отн} = \sqrt{\frac{1}{P : f_{abc}}}.$$

Вычисленная относительная невязка сравнивается с допустимой

$$f_{отн} \leq f_{доп},$$

($f_{доп}$ – допустимая относительная невязка устанавливается инструкциями в зависимости от масштаба съемки в пределах 1:2000 – 1:1000).

Если условие не соблюдается, то тщательно проверяют все записи и вычисления в полевых журналах и ведомостях. Если при этом ошибка не обнаружена, следует выполнить контрольные измерения длин сторон.

10) Выполняют уравнивание приращений координат, то есть распределяют невязки по вычисленным приращениям координат пропорционально длинам сторон с обратным знаком. При этом поправки в приращения координат определяются по формулам:

$$\delta_{\Delta xi} = -\frac{f_x}{P} d_i; \quad \delta_{\Delta yi} = -\frac{f_y}{P} d_i,$$

при этом $\Sigma \delta_x = -f_x$ и $\Sigma \delta_y = -f_y$

11) Вычисляют исправленные приращения координат:

$$\Delta x_{i\text{ исп}} = x_i + \delta_{\Delta x};$$

$$\Delta y_{i\text{ исп}} = y_i + \delta_{\Delta y}.$$

12) Вычисляют суммы исправленных приращений координат, которые должны быть равны нулю:

$$\sum \Delta x_{i \text{ испр}} = 0;$$

$$\sum \Delta y_{i \text{ испр}} = 0.$$

3. Вычисление координат вершин замкнутого теодолитного хода

13) По исправленным приращениям координат и координатам начальной точки последовательно вычисляют координаты вершин теодолитного хода:

$$X_{i+1} = X_i + \Delta x;$$

$$Y_{i+1} = Y_i + \Delta y,$$

где X_{i+1} и Y_{i+1} – определяемые точки;

X_i и Y_i – известные координаты предыдущей точки;

Δx и Δy – приращения координат между этими точками.

14) Окончательным контролем правильности вычислений координат служит получение координат начальной точки теодолитного хода.

Варианты заданий

Таблица 8

Вариант	Примычный угол β прим	Координаты т. В		Координаты т. 1		Абсолютная отметка т. 1 H_1
		X, м	Y, м	X, м	Y, м	
1	125° 40'00"	6104,78	5419,94	5593,05	4974,94	156,18
2	105° 05'00"	4180,56	5039,07	4453,36	5094,37	163,57
3	142° 41'00"	4180,56	5039,07	3918,29	5132,31	148,29
4	132° 54' 00"	2739,60	6371,77	3400,53	6219,92	177,34
5	163° 18' 00"	6057,18	5610,20	5592,44	5116,34	169,19
6	100° 10' 00"	4180,56	5039,07	4436,94	5147,46	181,98
7	119° 31' 11"	2277,18	5518,12	2929,99	5701,73	188,36
8	86° 55' 00"	4180,56	5039,07	4424,84	5172,52	194,29
9	125° 38'00"	5990,82	5794,76	5577,70	5256,97	207,46
10	124° 15'00"	4180,56	5039,07	4410,29	5196,24	233,72
11	49° 49' 49"	2220,01	5130,56	2823,34	5440,20	215,86
12	79° 39' 00"	4180,56	5039,07	3902,68	5022,82	221,55
13	75° 28' 00"	5804,67	6139,47	5506,63	5530,32	209,74
14	271° 03'00"	4180,56	5039,07	3911,45	4967,94	233,66
15	79° 43' 00"	4180,56	5039,07	3975,60	5227,08	243,58
16	88° 35' 00"	4180,56	5039,07	4353,58	5257,11	203,92
17	58° 41'00"	5553,75	6440,32	5382,67	5784,11	251,87
18	65° 29' 00"	4180,56	5039,07	4306,82	5287,14	265,12
19	91° 41'00"	2339,26	4360,13	2774,38	4880,28	247,65
20	195° 25' 00"	2416,28	4179,76	2797,30	4740,75	259,44
21	119° 14'00"	4180,56	5039,07	3957,56	5205,66	267,21
22	163° 17' 00"	4522,82	6971,34	4752,14	6333,15	274,15
23	175° 51'00"	2510,91	4007,98	2834,02	4604,21	286,17
24	91° 36' 00"	4328,24	6995,92	4620,13	6983,81	261,36
25	79° 02' 00"	4180,56	5039,07	4200,25	5316,72	279,92
26	211° 15' 00"	2890,29	3560,82	3022,77	4225,90	291,38
27	225° 35' 00"	2749,11	3696,95	2947,33	4345,49	299,39
28	182° 05'00"	3044,35	3439,45	3109,77	4114,44	288,77
29	195° 10' 00"	4180,56	5039,07	4020,56	4811,30	277,34
30	176° 02'00"	4180,56	5039,07	4044,10	4796,47	302,64

Ведомость вычисления координат вершин замкнутого теодолитного хода

Вариант – ...

Таблица 9

Точки	Углы			Горизонтальные проложения линий d, м	Приращения координат, м				Координаты, м		Примечание
	измеренные	исправленные	дирекционные		вычисленные		уравненные		X	Y	
					ΔX	ΔY	ΔX	ΔY			
Σβ					ΣΔx	ΣΔy					
Σ βтеор					fΔ x	fΔ y					
fβ изм.					f абс						
fβ доп.					f отн						

Работа № 9. Обработка результатов тригонометрического нивелирования

Цель работы - ознакомиться со схемой обработки результатов измерений тригонометрического нивелирования.

Материалы, приборы и принадлежности: чертежные инструменты, калькулятор.

Задание:

1. Вычертить принципиальную схему тригонометрического нивелирования.
2. Выписать исходную абсолютную отметку точки 1 Н₁ (табл. 8).
3. Вычислить абсолютные высоты вершин замкнутого теодолитного хода.
4. Внести результаты измерений в таблицу (табл. 10).

Исходные данные

Для определения высот точек теодолитного хода (съемочного обоснования) был проложен высотный ход тригонометрическим нивелированием.

В процессе тригонометрического нивелирования на местности измеряют расстояние между точками **А** и **В** (*D*) и угол наклона *v*. Расстояние измеряется мерной лентой или дальномером, а угол наклона – теодолитом или тахеометром.

Порядок измерений на станции

Над точкой **А** устанавливают теодолит (см. рис. 10), а в точке **В** рейку. Измеряют высоту прибора *i* над точкой **А** (высота прибора – это расстояние по отвесной линии от оси вращения трубы до центра пункта), а высота визирной цели на рейке равна *v*. Для измерения угла наклона *v* визируют на заданную точку и берут отсчеты по вертикальному кругу при двух положениях круга (КЛ и КП), вычисляют угол наклона. Измеряют расстояние между точками, а затем вычисляют горизонтальное проложение *d*:

$$d = D \cos v$$

Зная горизонтальное проложение и угол наклона *v* можно вычислить превышение т. В над т. А:

$$h = d \operatorname{tg} v + i - v,$$

где *d* – горизонтальное проложение;

i – высота инструмента;

v – высота визирования.

Если *v=i*, то превышение можно вычислить:

$$h' = d \operatorname{tg} v$$

Так как работать с последней формулой удобнее при съемке на рейке заранее отмечают высоту прибора тесемкой или резинкой и при измерении вертикального угла делают наведения не наверх рейки, а на высоту прибора.

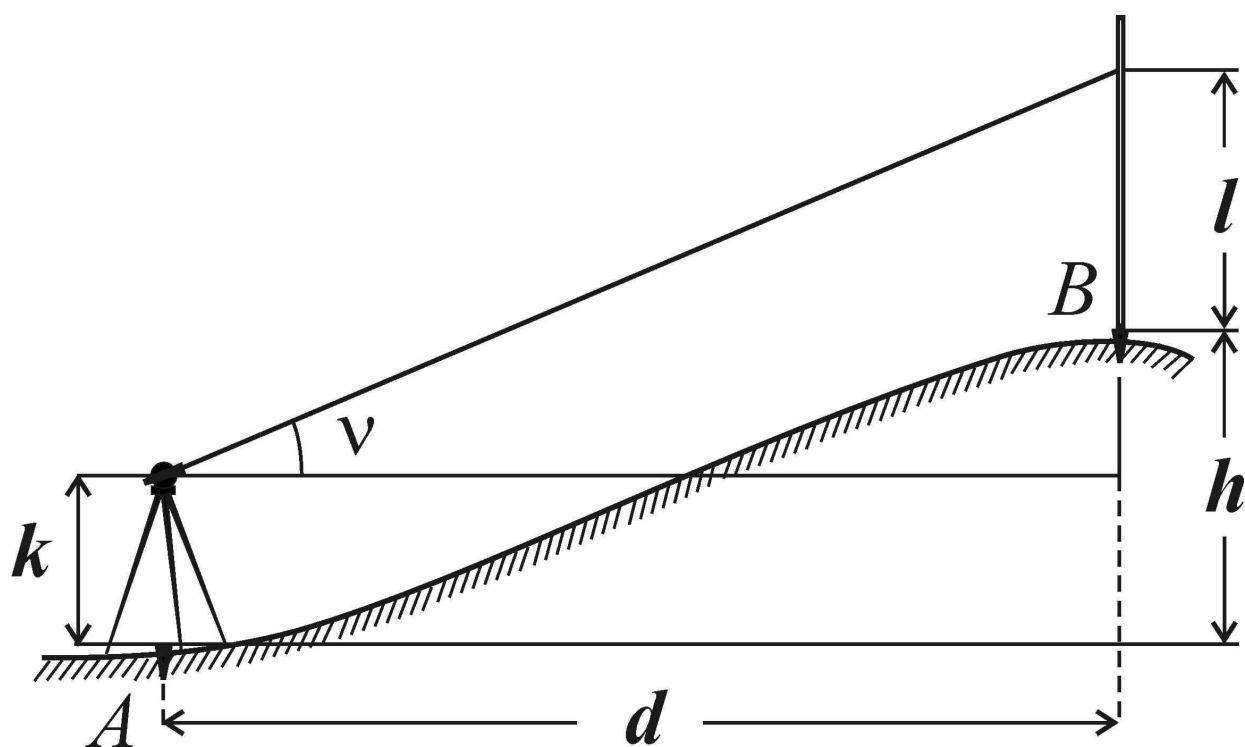


Рис. 10. Схема тригонометрического нивелирования

Для контроля и повышения точности измерение расстояний и превышений выполняют в прямом и обратном направлениях хода. То есть угол наклона v_{AB} – прямой, а v_{BA} – обратный. Углы наклона прямого и обратного направлений должны отличаться знаками, а значения углов не должны превышать $\pm 1'$. Расхождения в превышениях между прямым и обратным ходами не должно превышать по абсолютному значению 0,04 м на 100 м хода.

За окончательное значение измеренных превышений принимают средние арифметические из их абсолютных величин со знаком прямого превышения.

Точность тригонометрического нивелирования оценивают по невязке хода. Невязку f_h в сумме превышений Σh хода вычисляют по формуле

$$f_h = \Sigma h - (H_k - H_n),$$

где H_k и H_n – соответственно высоты конечной и начальной точек хода.

Допустимость невязки определяют по формуле

$$f_{h\text{ доп}} = 0,04 P / \sqrt{n}, \text{ см},$$

где P – периметр полигона;

n – число сторон хода.

Невязку распределяют с обратным знаком на все превышения пропорционально длинам линий хода. Высоты точек определяются по формуле:

$$H_{i+1} = H_i + h_{испр\ i}.$$

Журнал тригонометрического нивелирования вершин замкнутого теодолитного хода

Вариант -...

Таблица 10

Вершина хода	Направление (линия)	Угол наклона	Горизонтальное проложение, d (м)	Превышение h' прямо, м h' обратно, м	Высота, м		Превышение, м			Абсолютная высота Н, м
					инструмента i	визирования v	вычисленное	среднее	исправленное	
								$\sum h_{\text{ср}}$		
								f_h		
								$f_{h \text{ доп}}$		

Работа № 10. Составление топографического плана

Цель работы – ознакомиться с этапами, требованиями и способами составления топографического плана.

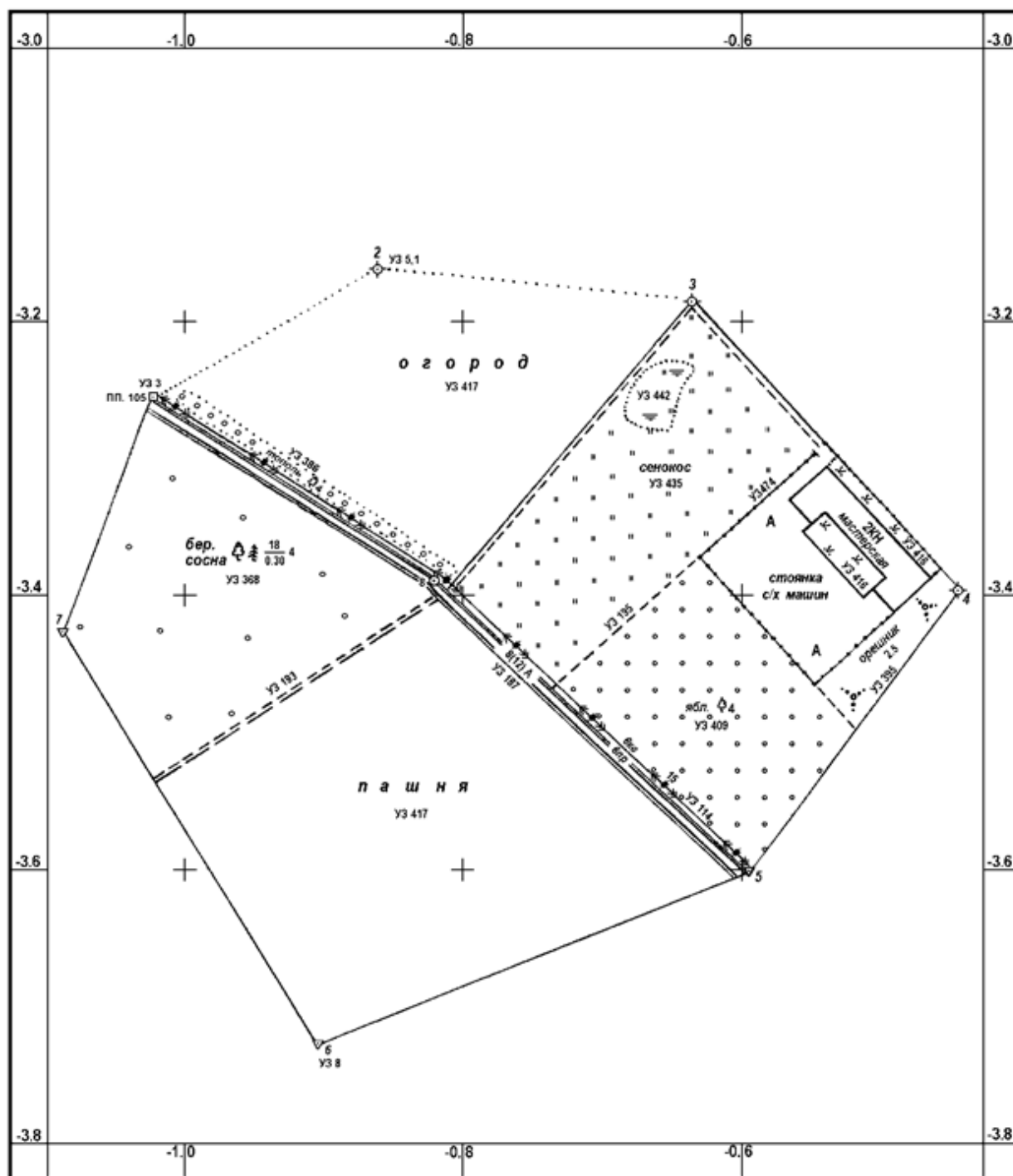
Материалы, приборы и принадлежности: – ведомость координат замкнутого теодолитного хода (табл. 9), журнал тригонометрического нивелирования (табл. 10), лист ватмана формата А3, чертежные инструменты, калькулятор.

Задание:

1. Построить координатную сетку для составления плана в масштабе 1:1000.
2. Нанести точки теодолитного хода и реечные точки.
3. Вычертить ситуацию.
4. Методом интерполирования вычертить рельеф местности.
5. Оформить топографический план в условных знаках и выполнить соответствующее зарамочное оформление.

Содержание работы

На листе ватмана с помощью линейки Дробышева строят прямоугольную сетку квадратов со сторонами 10 см (см. рис. 11).



Сост. студ. ЗИО-191 Гуляев И.С.
Проверил доц. Реджепов М.Б.

Теодолитная съемка 2021г.

1:2 000



В 1 сантиметре 20 метров

Рис. 11. Прямоугольная сетка квадратов

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Основные источники:

1. Гиршберг М. А. Геодезия : Учебник .— Нальчик : ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2016 .— 384 с. — для студентов высших учебных заведений .— ISBN 978-5-16-006351-5 .— [URL:http://znanium.com/go.php?id=534814](http://znanium.com/go.php?id=534814)
2. Пасько О.А. Практикум по картографии [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Пасько О.А., Дикин Э.К.— Электрон. текстовые данные.— Томск: Томский политехнический университет, 2014.— 175 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/34696>. — ЭБС «IPRbooks»
3. Смалев, В. И. Геодезия с основами картографии и картографического черчения : учебное пособие для среднего профессионального образования / В. И. Смалев. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 189 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-14084-2. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/496678>

Дополнительные источники:

1. Золотова Е.В. Геодезия с основами кадастра [Электронный ресурс]: учебник для вузов/ Золотова Е.В., Скогорева Р.Н.— Электрон. текстовые данные.— М.: Академический Проект, Фонд «Мир», 2012.— 416 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/27459>. — ЭБС «IPRbooks»
2. Интулов И.П. Инженерная геодезия: Учебное пособие/ ВГАСУ. - Воронеж: Б.И., 2001.- 273 с.
3. Берлянт А. М. Картография : учебник / А. М. Берлянт. – М. : Кн. дом Ун-т, 2011. - 3-е изд., доп. - 447 с. ISBN 978-5-98227-797-8.
4. Берлянт А.М. Практикум по картографии / Берлянт А.М., Сваткова Т.Г. - М. : МГУ, 1991.
5. Бугаевский Л.М. Математическая картография. – М. : "Златоуст", 1998. - 400с.
6. Лурье И.К. Геоинформатика. - М. : Изд-во Моск. ун-та, 1997. – 114 с.
7. Поклад Г.Г. Геодезия: Учебник для вузов/ Г.Г. Поклад, С.П. Гриднев. -М.: Академический проект, 2007.- 592 с.
8. Салищев К.А. Картография. - М. : Высш. шк.,1982. – 271 с.
9. Словарь терминов, употребляемых в геодезической и картографической деятельности / Г.Л. Хинкис, В.Л. Зайченков – М. : ООО «Издательство «Проспект», 2009. – 143 с.
10. Чекалин С.И. Основы картографии, топографии и инженерной геодезии : учеб. пособие / Чекалин С.И. - М. : Академический проспект, 2020 — Режим доступа: <https://www.iprbookshop.ru/110057.html?replacement=1> - ISBN: 978-5-8291-2974-3.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ОБЩИЕ ВОПРОСЫ КАРТОГРАФИИ.....	4
Работа № 1. Масштаб карты.....	5
Работа № 2. Измерение по картам длин линии.....	7
Работа № 3. Географическая система координат.....	9
Работа № 4. Разграфка и номенклатура листов карт.....	12
ВВЕДЕНИЕ В ГЕОДЕЗИЮ.....	13
Работа № 5. Устройство теодолитов Т30, 2Т30.....	13
Работа № 6. Измерение горизонтальных углов.....	19
Работа № 7. Измерение вертикальных углов.....	21
Работа № 8. Обработка результатов измерений в замкнутом теодолит- ном ходе.....	23
Работа № 9. Обработка результатов тригонометрического нивелирова- ния.....	31
Работа № 10. Составление топографического плана.....	34
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	36

ГЕОДЕЗИЯ С ОСНОВАМИ КАРТОГРАФИИ И КАРТОГРАФИЧЕСКОГО ЧЕРЧЕНИЯ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к практическим занятиям обучающихся по специальности
21.02.05 «Земельно-имущественные отношения»
всех форм обучения

Составитель

Реджепов Максат Бекиевич

Компьютерный набор М.Б. Реджепов

Подписано к изданию 02.06.2022.

Уч.-изд. л. 2,0.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»
394006 Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84