

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Поверинов Игорь Егорович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 30.06.2023 23:12:12 МИНОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИИ

Уникальный программный ключ:

6d465b956ee1551cedc482bde45d17ab9871a6521016465d53b72a7eab0de1b2
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕ-
ЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«ЧУВАШСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ И.Н. УЛЬЯНОВА»

ТОПОГРАФИЯ С ОСНОВАМИ ГЕОДЕЗИИ

Методические указания к лабораторным занятиям

Чебоксары 2023

ББК Д12р30(2) – 266.2
УДК 528.4 (076.5)

Составители: Ильин В.Н.
Никонорова И.В.

Топография с основами геодезии: метод. указания к лаб. занятиям /Сост. В.Н. Ильин, И.В. Никонорова; Чуваш.ун-т. Чебоксары, 2023. 24 с.

Содержит задания к практическим работам и графический материал в виде таблиц. Составлено согласно программам курсов «Геодезия» и «Основы инженерной геодезии» для студентов дневной формы обучения направления 05.03.02 «География» и 21.03.02 «Землеустройство и кадастры» - историко-географического факультета ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова».

Для студентов I-4 курсов историко-географического факультета.

Утверждено Методическим советом университета

Ответственный редактор: канд. геогр. наук, доцент Н.А. Казаков

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Цель курса ознакомить студентов специальностей «География» и «Землеустройство и кадастры» с особенностями изучения, составления топографических карт и планов; основам работы с геодезическими приборами. Курс является основным в подготовке студентов соответствующих специальностей.

Дисциплина нацелена на подготовку бакалавров к:

- производственно-технической и проектной деятельности
- работе с топографическими планами картами (чтение, создание, использование), а также с материалами космических и аэрофотосъемок.

- работе с современным геодезическим оборудованием;
- обработке результатов геоинформационных данных (камеральная обработка);

- определению площадей земельных участков;
- геодезическим разбивочным работам;
- самостоятельному проведению геодезических работ, как полевого, так и камерального этапов;
- самообучению и самосовершенствованию; умению нести ответственность за принятие своих решений.

- поиску и анализу профильной научно-технической информации, необходимой для проведения научно-исследовательских, изыскательских геодезических работ.

Курс читается на первом году обучения бакалавриата и имеет важное значение в формировании у студентов навыков и умений по проведению различных видов топографических съемок местности, накоплению практического опыта, необходимого для формирования специалиста – географа, землеустроителя.

Курс входит в состав основных дисциплин и тесно связан с такими науками как картография, прикладная геодезия и др.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен: знать устройство основных геодезических инструментов; уметь определять на топографических картах расстояния, географические и прямоугольные координаты объектов, измерять дирекционные углы; решать задачи с горизонталями по определению их высот, абсолютных и относительных отметок, углов

наклона местности; владеть навыками поверки геодезических приборов и способами геодезических измерений на местности.

Тема 1. МАСШТАБЫ КАРТ.

Задание 1. Найти именованные масштабы для численных:

1:100, 1:500, 1:1000, 1:3300, 1:5000, 1:10000, 1:25000, 1:50000, 1:100000, 1:200000, 1:300000, 1:500000, 1:1000000.

Методические указания: Самая удобная единица измерений по картам сантиметр. Поэтому, если численный масштаб 1:10000, это означает, что в 1см карты 10000 см. на местности. Затем вторую часть этого масштаба переводят в более крупные единицы длины в метрах или километрах, и получают именованный масштаб: в 1см карты содержится 100 м на местности.

Задание 2. Найти численные масштабы для следующих именованных:

в 1 см — 1 м, в 1см — 5 м, в 1 см — 10 м,
в 1см — 50 м, в 1см — 100 м, в 1см — 20 м,
в 1см — 250 м, в 1 см — 2 км, в 1 см — 500 м,
в 1см — 1 км, в 1 см — 5 км.

Задание 3. Определите, чему равны расстояние на местности, если:

1. На карте масштаба 1:10000 они следующие: 1,15 см, 3,85 см, 10,51 см, 11,8 мм, 85,62 мм.

2. На карте масштаба 1:500000 они следующие: 2,8 мм, 15,9 мм, 8,9 см, 16,5 см, 1,9 см.

Задание 4. Даны горизонтальные проекции длин линий на местности:

500 м, 1185 м, 2,95 км, определить их длины на картах следующих масштабов: 1:10000, 1:50000, 1:100000.

Задание 5. Определить предельную точность следующих масштабов: 1:100, 1:500, 1:1000, 1:2000, 1:5000, 1:10000, 1:25000, 1:100000, 1:200000, 1:500000, 1:1000000.

Задание 6. Определить масштабы карт, если предельная точность равна: 1 м, 5 м, 20 м, 10 м, 2,5 м, 5 км.

Задание 7. Определить масштабы карт по длине линий на карте и их горизонтальным проекциям на местности.

ТЕМА 2: ЛИНЕЙНЫЙ И ПОПЕРЕЧНЫЙ МАСШТАБЫ.

Задание 1. По заданным числовым масштабам построить линейные масштабы. Основание масштаба, наименьшее деление выбрать самостоятельно, научиться откладывать и измерять отрезки с помощью построенных масштабов.

Масштабы: 1:000, 1:5000, 1:25000, 1:50000, 1:100000, 1:200000, 1:300000, 1:500000, 1:1000000.

Задание 2. Отложить любые произвольные отрезки на бумаге и измерить их с помощью вашего линейного масштаба.

Задание 3. Построить сотенный поперечный масштаб для измерения и откладывания отрезков в масштабе 1:1... с основанием масштаба 1 см, наименьшим делением 1мм, Найти цену наименьшего деления для масштабов 1:1000, 1:10000, 1:100000, 1:1000000. Подписать поперечный масштаб для масштаба 1:10000. Отложить произвольные отрезки на бумаге и измерить их с помощью вашего поперечного масштаба.

Задание 4. Построить сотенный поперечный масштаб удобный для измерения и откладывания отрезков в масштабах 1:2... с основанием 5 см, наименьшим делением 5 мм. Найти цену наименьшего деления для масштабов 1:200, 1:2000, 1:200000. Подписать поперечный масштаб для масштаба 1:2000. Отложить произвольные отрезки на бумаге и измерить их с помощью вашего поперечного масштаба.

Задание 5. Построить сотенный поперечный масштаб удобный для измерения и откладывания отрезков в масштабе 1:5... с основанием 2 см, наименьшим делением 2 мм. Найти цену наименьшего деления для масштабов 1:500, 1:5000, 1:50000, 1:500000. Подписать поперечный масштаб для масштаба 1:50000. Отложить произвольные отрезки на бумаге и измерить их с помощью вашего поперечного масштаба.

Задание 6. Построить пятидесятитысячный масштаб ($n = 5$, $m = 10$), удобный для измерения и откладывания отрезков в масштабах 1: 25... с основанием 2 см, наименьшим делением 4

мм. Найти цену наименьшего деления для масштабов 1:2500 , 1:25000, 1:250000. Подписать поперечный масштаб для масштаба 1:25000. Отложить произвольные отрезки на бумаге и измерить их с помощью вашего поперечного масштаба.

Методические указания: Построение линейного и поперечного масштабов, откладывание и измерение отрезков смотрите в начале темы 3 . Нахождение цены наименьшего деления производится следующим образом: Дано 1:25000, основание 2 см, наименьшее деление 4 мм. Найти цену наименьшего деления "ав" , в 1 см - 250 м, в 2 см — 500м, значит $d = 500\text{м}$.

$$ab = d/n * m = 500\text{м}/5 * 10 = 10\text{м}$$

ТЕМА 3: ОСНОВЫ ОРИЕНТИРОВАНИЯ.

Задание 1. Определить географические и прямоугольные координаты 3 произвольных точек на топографической карте.

Задание 2. Определить минимальную шкалу географической и прямоугольной системы координат на топографической карте.

Задание 3. Назвать номенклатуру представленной карты.

Задание 4. Определить обратные азимуты по данным прямым азимутам, без учёта сближения меридианов, прямые азимуты: 36°, 115°, 290°, 200°, 75°, 165°, 240°, 320°.

Задание 5. Вычислить обратные азимуты 165, 240, 320° с учетом сближения меридианов.

Задание 6. Вычислить магнитные азимуты направлений, если известны истинные азимуты (115°, 156°, 315°) и магнитные склонения.

Задание 7. Вычислить румбы направлений по их азимутам.

Варианты	1	2	3	4	5	6	7	8
А	55°	120°	200°	300°	75°	170°	260°	340°

Задание 8. По топографической карте масштаба 1:100000 у-31 37 проложить ход по известным дирекционным углам и расстояниям от точки с высотой 193,5 м в квадрате 8024. Опре-

делить прямоугольные или географические координаты всех точек хода (см. табл. 1).

Таблица 1.

Вариант	1		2		3	
Стороны хода	α (° ')	d (м)	α (° ')	d (м)	α (° ')	d (м)
193,5-X1	118°00'	5300	6°30'	5830	233°00'	7000
X1-X2	200°00'	6200	53°00'	6800	314°00'	6540
X2-X3	236°00'	7220	131°30'	6200	47°00'	6490
X3-X4	316°30'	7500	164°00'	5450	71°00'	7550
X4-X5	339°00'	5500	216°00'	5000	115°00'	7300
X5-X6	61°30'	6740	256°30'	8250	208°00'	7450
X6-X7	103°30'	5050	348°00'	5570	298°00'	5300

Методические рекомендации: точки хода должны пройти через пункты государственной геодезической сети и замкнуться.

ТЕМА 4: УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ НА ТОПОГРАФИЧЕСКИХ КАРТАХ.

Задание 1. Пользуясь учебными топографическими картами выделить и переписать основные группы условных знаков в тетрадь.

Задание 2. Перечертить в тетрадь по 4 вида из каждой группы условных знаков.

Задание 3. Определить максимальную и минимальную отметки рельефа карты. Указать их местоположение. Вычислить прямоугольные и географические координаты этих точек.

Задание 4. Применяя метод интерполяции вычислить абсолютные отметки 3 произвольных точек на пересечении километровой сетки топографической карты.

Задание 5. Вычислить крутизну склона на произвольном участке карты. Построить профиль рельефа между 2 горными вершинами. Вертикальный и горизонтальный масштабы выбрать произвольно.

Задание 6. Применяя топографические условные знаки нарисовать: котловину глубиной 200 м (отметка дна – 124 м); холм высотой 156 м (отметка подошвы – 110 м); хребет с 3 вершинами, вытянутый с севера на юг (абсолютные отметки выбрать произвольно); остров в море с абсолютной отметкой 120 м (западный берег сделать крутым, восточный - пологим); овраг, вершина которого направлен на северо-восток. Задание выполняется с применением горизонталей и бергштрихов. Масштаб и шаг горизонталей выбирается произвольно.

ТЕМА 5: НИВЕЛИРОВАНИЕ.

Задание 1. Выполнить поверки нивелиров.

В нивелирах проверяют и при необходимости исправляют установку круглого уровня и сетки нитей, а также соблюдение основного условия геометрического нивелирования. Ось круглого уровня должна быть параллельна оси нивелира; проверяют и исправляют так же, как и цилиндрический уровень теодолита. Вертикальная нить сетки должна лежать в отвесной плоскости; выполняют так же, как и соответствующую поверку теодолита.

Основное условие геометрического нивелирования состоит в том, что визирная ось зрительной трубы должна быть горизонтальна, а в нивелирах с цилиндрическими уровнями, кроме того, и параллельна оси уровня. Для проверки этого условия на ровном участке местности откладывают отрезок 50 м. На концах линии забивают кольшки. Над одним из них устанавливают нивелир, причем так, чтобы окуляр проектировался на центр кольшка, а над другим – рейку. После того как нивелир приведен в рабочее положение, делают отсчет a_1 по рейке и рулеткой или рейкой измеряют высоту нивелира i_1 . Затем нивелир и рейку меняют местами и получают соответствующие значения a_2 и i_2 . Погрешность из-за не параллельности визирной оси и оси уровня (x) вычисляют по формуле:

$$x=(a_1+a_2):2-(i_1+i_2):2.$$

Если x больше 4 мм, то вносят исправление. Для этого, вращая специальный элевационный винт, устанавливают на рей-

ке верный отсчет $a_2' = a_2 - x$. Ослабив боковые винты, совмещают концы пузырька с помощью вертикальных исправительных винтов уровня.

Задание 1. Выполнить геометрическое нивелирование точек местности методом «из середины». Перед началом работы требуется ознакомиться с конструктивными особенностями нивелира. Подготавливается полевой журнал для геометрического нивелирования. Примерно в середине между двумя точками, из которых одна называется задняя, другая передняя устанавливается нивелир. Прибор приводится в рабочее положение. Нивелирование выполняется с трёх станций. На точках устанавливаются нивелирные рейки. Отсчёт сначала берётся по рейке, установленной на задней точке (репер с известной отметкой) затем по рейке расположенной на передней точке. Вычисляется превышение как разность отсчёта по задней рейке минус отсчёт по передней рейке. Высота (отметка) передней точки рассчитывается по формуле: к отметке задней точки (репер с известной высотой) прибавляется превышение. Все измерения и расчёты записываются в полевой журнал. Выполняется постраничный контроль результатов нивелирования.

Задание 2. Выполнить геометрическое нивелирование точек местности методом «вперёд». Перед началом работы требуется ознакомиться с конструктивными особенностями нивелира. Подготавливается полевой журнал для геометрического нивелирования методом «вперёд». На исходной точке (репер) с известной высотой устанавливается нивелир, так чтобы окуляр прибора находился точно над точкой. Приводится в рабочее положение. Подготавливается полевой журнал для геометрического нивелирования методом «вперёд». Измеряется высота прибора (расстояние от центра окуляра до точки). Высота исходной точки (репера) известна. Сложив высоту исходной точки и высоту прибора, находят параметр - горизонт прибора. На передней точке устанавливается нивелирная рейка. По ней берут отсчёт при горизонтальном положении луча визирования. Превышение точек местности вычисляют как разность между высотой прибора и отсчётом по передней рейке. Высота передней точки рассчитывается по формуле: горизонт прибора минус отсчёт по

рейке. При выполнении нивелирования прибор устанавливается на трёх станциях. Все измерения и расчёты записываются в полевой журнал. Выполняется постраничный контроль результатов нивелирования.

Методические указания: геометрическое нивелирование выполняется приборами: Н-3 или CONDROL 24X. Полевые журналы каждого из заданий должны содержать не менее 15 станций. Полученные отсчеты по рейке записываются в полевой журнал (см. Приложение 1).

ТЕМА 6: ТЕОДОЛИТНАЯ СЪЕМКА.

Угломерный прибор дает правильные показания, если его оси и плоскости занимают положение, соответствующее геометрическим и оптико-механическим условиям измерения углов. Условия измерения проверяются при помощи поверок.

Задание 1. Привести теодолит в рабочее положение, выполнить поверки.

Поверка 1. Ось цилиндрического уровня на алидаде горизонтального круга должна быть перпендикулярна к оси вращения теодолита.

Теодолит приводят в рабочее положение. Уровень устанавливают по направлению двух подъемных винтов. Этими винтами приводят пузырек уровня на середину. Затем алидаду поворачивают на 90° и вращением третьего винта пузырек уровня вновь приводят на середину. Далее алидаду поворачивают на 180° , если пузырек сохранил свое положение, условие выполнено.

Поверка 2. Вертикальная нить сетки должна лежать в отвесной плоскости. В 20-25 м от теодолита вешают отвес и наводят на его шнур вертикальную нить сетки. Если она полностью покрывает шнур, условие выполнено.

Поверка 3. Визирная ось зрительной трубы должна быть перпендикулярна оси ее вращения. Угол ϵ , на который отклоняется визирная ось от перпендикуляра к оси вращения трубы, называют коллимационной погрешностью. Для ее выявления при положении вертикального круга справа от трубы наводят центр сетки нитей на ясно видимый и значительно удаленный предмет,

расположенный примерно на одном уровне с осью вращения трубы и снимают отсчет по горизонтальному кругу – КП1, затем наводят визирную ось на ту же точку при круге слева и берут отсчет – КЛ1. Затем поворачивают лимб на 180° и снова наводят на ту же точку, получая новые отсчеты КП2 и КЛ2. По полученным отсчетам вычисляют величину коллимационной погрешности:

$$c = ((КЛ1 - КП1 \pm 180^\circ) + (КЛ2 - КП2 \pm 180^\circ)) / 4$$

Если значение c окажется равным или меньшим двойной погрешности $c \leq 2t$, где t – двойная точность отсчетного устройства (для Т30 $t = 1'$), то условие выполнено.

Проверка 4. Ось вращения зрительной трубы должна быть перпендикулярна к вертикальной оси вращения теодолита. Установив теодолит в 20-30 м от стены здания, вертикальную его ось особо тщательно приводят в отвесное положение. Выбирают на стене точку, расположенную над горизонтом под углом 40-50°. Визируют на эту точку закрепляют алидаду. Наклонив трубу до горизонтального положения, отмечают при помощи помощника проекцию этой точки на стене. Переведя трубу через зенит и повернув алидаду на 180°, вторично визируют на верхнюю точку и при закрепленной алидаде опускают трубу. Если изображение нижней точки на стене сошло с перекрестия не более чем на две ширины биссектора, то наклон оси вращения трубы допустим.

Задание 2. Проложить замкнутый теодолитный ход. Измерить внутренние, горизонтальные, правые по ходу лежащие углы способом «приёмов» и длину сторон полигона. Способ приёмов заключается в измерении горизонтального угла двумя полуприёмами, при двух положениях вертикального круга теодолита. При первом полуприёме, вертикальный круг теодолита расположен «справа» от зрительной трубы, при втором полуприёме – слева от зрительной трубы. Перед началом работы требуется ознакомиться с конструктивными особенностями теодолита. Теодолит центрируется и горизонтируется над первой точкой полигона. Устанавливается зрительная труба для наблюдения в два приёма: по глазу – вращением окулярного кольца достигается чёткое изображение сетки нитей и по предмету – вращением фокусирующей кремальеры получают хорошее визир-

ной цели. Подготавливается полевой журнал теодолитной съёмки. Угол измеряется при двух положениях вертикального круга. При закреплённом лимбе и откреплённой алидаде наводят зрительную трубу на веху установленную в задней (правой) точке полигона, закрепляют алидаду, и действуя наводящим винтом точнее совмещают вертикальную нить сетки нитей с вехой. Производят отсчёт по микроскопу. Открепляют алидаду, при закреплённом лимбе, наводят зрительную трубу на веху, установленную в передней (левой) точке полигона и закрепляют алидаду. Действуя наводящим винтом, совмещают вертикальную нить сетки нитей с вехой и выполняют отсчёт по микроскопу.

Переворачивают зрительную трубу через зенит, открепляют лимб горизонтального круга и смещают его на угол близкий к 90^0 . При положении вертикального круга теодолита «круг лево» вновь измеряют горизонтальный угол по вышеизложенной технологии. Если значения горизонтального угла, определённого первым и вторым полуприёмами различаются не больше чем на полуторную точность отсчёта, то истинное значение угла находится как средняя величина из двух определений (при «круге право» и «круге лево»). Если погрешность больше, то измерения выполняют вновь. В последовательности, изложенной выше, измеряют все внутренние углы полигона. После окончания измерения углов теодолитом определяют угловую невязку полигона и в случае её допустимой величины распределяют по измеренным углам равномерно.

Выполнение задания 2 возможно и методом «от нуля». Полученные данные необходимо записать в журнал теодолитной съёмки (см. пример в Приложении 2).

ТЕМА 6: ПОСТРОЕНИЕ ТОПОГРАФИЧЕСКОГО ПЛАНА.

На основе проложенного ранее теодолитного хода построить топографический план местности. Для построения использовать прямоугольные координаты опорных геодезических пунктов г. Чебоксары.

В геодезии принята система плоских прямоугольных координат, в которой относительно оси XX, совпадающей с направ-

лением меридиана, и оси УУ, перпендикулярной к оси ХХ, определяют положение каждой точки, т. е. ее координаты Х и У; при этом счет четвертей идет по ходу часовой стрелки, согласно возрастанию азимутов и дирекционных углов (на рис. четверти показаны римскими цифрами).

Задание 1. Вычисление углов теодолитного хода. При составлении планов ситуацию наносят от опорных точек и линий, их соединяющих. Поэтому на бумагу сначала наносят опорные точки по их координатам, которые вычисляют в первую очередь, решая прямую геодезическую задачу. Она состоит в том, что по известным координатам данной точки, а также по дирекционному углу и горизонтальному проложению линии от этой точки до определяемой вычисляют координаты определяемой точки. Например, известны координаты точки $A(x_a, y_a)$, горизонтальное проложение d линии AB , дирекционный угол α линии AB .

Отрезки BB_1 и AB_1 , представляющие собой проекции линии AB на оси координат, или разность координат точек B и A , называют приращениями координат и обозначают Δx и Δy . Поэтому можно написать:

$$\begin{aligned}x_b &= x_a + \Delta x, \\y_b &= y_a + \Delta y,\end{aligned}$$

Δx и Δy из прямоугольного треугольника ABB_1 равны:

$$\begin{aligned}\Delta x &= d \cos \alpha, \\ \Delta y &= d \sin \alpha.\end{aligned}$$

Тогда координаты точки B будут:

$$\begin{aligned}x_b &= x_a + d \cos \alpha, \\ y_b &= y_a + d \sin \alpha,\end{aligned}$$

Данные формулы остаются справедливыми для вычисления приращений координат по румбам сторон, т. е.

$$\begin{aligned}\Delta x &= d \cos r, \\ \Delta y &= d \sin r.\end{aligned}$$

Знаки приращений координат зависят только от направления линии, т. е. от названия румба.

Для северных направлений (СВ, СЗ) Δx имеет знак плюс, для южных направлений (ЮВ, ЮЗ) - знак минус. Для восточных направлений (СВ, ЮВ) Δy имеет знак плюс, а для западных на-

правлений (СЗ, ЮЗ) - знак минус.

Для вычисления координат точек хода предварительно проводят уравнивание результатов полевых измерений.

Задание 2. Уравнивание углов поворота сомкнутого теодолитного хода. Из геометрии известно, что теоретическая сумма углов многоугольника

$$\sum \beta_i = 180^\circ(n-2),$$

где n - число углов хода. Однако практически измерение углов теодолитом сопровождается рядом ошибок, что приводит к некоторому отклонению суммы измеренных углов $\sum \beta_n$ от теоретической; это отклонение носит название угловой невязки f_β и вычисляется так:

$$f_\beta = \sum \beta_n - \sum \beta_i$$

Эта невязка не должна превышать предельную величину, которую определяют по формуле:

$$\Delta\beta = \pm 1' \sqrt{n}.$$

Необходимо, чтобы $f_\beta \leq \Delta\beta$.

В том случае, когда полученная угловая невязка допустима, т. е. меньше или равна предельной, в углы вводят поправки. Можно считать, что все углы измеряют с одинаковой точностью, поэтому угловую невязку нужно разделить на число измеренных углов и полученную поправку внести в каждый угол поровну с обратным знаком невязки. При таком распределении каждый исправленный угол будет иметь дробные значения минут, что создает неудобство при дальнейших вычислениях. Обычно угловую невязку распределяют проще: в первую очередь вводят поправки в углы с дробными долями минут так, чтобы округлить их до половины минуты. Оставшуюся часть невязки распределяют по пол минуте на углы, ограниченные более короткими сторонами, так как в этом случае из всех перечисленных ошибок особенно скажется влияние неточного центрирования прибора и установки вехи над точкой наведения.

Задание 3. Вычисление дирекционных углов сторон теодолитного хода. После уравнивания измеренных углов приступают к вычислению дирекционных углов сторон теодолитного хода. В замкнутом теодолитном ходе ABCDE правые углы хода $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_5$ исправлены.

Если через каждую из вершин хода ABCDE провести прямые, параллельные осевому меридиану, тогда $\alpha_1, \alpha_2, \dots$ будут дирекционные углы, которые требуется вычислить для решения прямой задачи. Дирекционный угол одной из сторон, например АВ, должен быть известен. Если он равен α_1 , то, продолжив прямую АВ, получим:

$$\alpha_2 = \alpha_1 + 180^\circ - \beta_2,$$

$$\alpha_3 = \alpha_2 + 180^\circ - \beta_3, \quad \text{и т. д.}$$

В общем виде:

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

Задание 4. Вычисление, уравнивание приращений координат и вычисление координат пунктов теодолитного хода.

Сумма приращений координат в замкнутом ходе теоретически должна быть равна нулю. Практически же вследствие неизбежных ошибок при измерении, особенно линий, в этих приращениях появятся невязки. Для замкнутого хода невязки будут равны:

$$f_x = \sum \Delta x_n$$

$$f_y = \sum \Delta y_n,$$

где f_x и f_y – невязки в приращениях координат.

По невязкам приращений координат находят абсолютную линейную невязку:

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

В точности выполненных работ убеждаются по относительной линейной невязке:

$$f_{omn} = f_{abc} / L,$$

где L – периметр хода.

Относительную невязку выражают простой дробью с единицей в числителе. В теодолитных ходах 1 разряда относительная невязка не должна превышать 1:2000 и в ходах 2 разряда 1:1000.

Если невязка допустима, вычисленные приращения исправляют. Невязки f_x и f_y распределяют так, чтобы поправки в при-

ращениях были пропорциональны длине сторон со знаком, противоположным знаку невязки.

Найденные поправки алгебраически суммируют с соответствующими приращениями и получают исправленные приращения координат, сумма которых должна быть равна теоретической. По исправленным приращениям координат от точек с известными координатами последовательно вычисляют координаты всех точек хода.

Задание 5. Составление плана по результатам теодолитной съемки. Планы вычерчивают на хорошей чертежной бумаге, размер листа зависит от размера участка и выбранного масштаба плана. При построении плана по координатам опорных точек в первую очередь строят координатную сетку. Для этого применяют специальную линейку Дробышева. Это металлическая линейка с шестью вырезами посередине. Один из краев каждого выреза скошен: у первого выреза, помеченного нулем, - по прямой линии, у всех остальных по дугам окружностей с радиусами 10, 20, 30, 40, 50 см от начального штриха. Конец линейки скошен по дуге радиуса 70,711 см. Этой линейкой можно построить координатную сетку на площади квадрата со стороной 50 см, а также на площади прямоугольника со сторонами (катетами) 30, 40 см и диагональю 50 см

Для построения сетки квадратов линейку кладут параллельно нижнему краю листа бумаги и, отступив от него на 5-7 см, проводят по скошенному краю линейки тонкую линию. Затем линейку сдвигают и по скошенному краю каждого выреза пересекают прочерченную линию штрихами.

Укладывают линейку вдоль левого края листа совмещают нулевой штрих с точкой А - пересечением прямой с крайним левым штрихом; следят, чтобы ось линейки была примерно

перпендикулярна к прямой АВ. Проводят штрихи по каждому скошенному вырезу.

Кладут линейку по диагонали, совместив нулевой штрих с крайним правым штрихом в точке В. По концу линейки прочерчивают дугу, пересекающую последний верхний штрих в точке С. Таким образом построен прямоугольный треугольник АВС со сторонами 50; 50; 70,711 см.

Точно так же строят второй треугольник, для чего укладывают линейку, г) сначала по линии BD, а затем по диагонали AD и получают второй треугольник ABD. Проверяют верхнюю сторону CD, отклонение может быть допущено не более 0,2 мм. На стороне CD по прорезам линейки отмечают 10-сантиметровые отрезки. Полученные противоположные штрихи соединяют тонкими линиями. Координатная сетка должна быть построена очень точно, так как ошибки в сетке сказываются на точности построения плана. Для контроля построения сетки циркулем-измерителем проверяют равенство диагоналей всех квадратов.

Построение плана. Если координаты вычисляют от условного начала $X = 0$, $Y = 0$ и значения этих координат невелики, то одну из вертикальных линий сетки принимают за ось X, а одну из горизонтальных - за ось Y. В их пересечении $x = 0$, $y = 0$. Намечая начало координат, учитывают размер плана и назначают начальными такие линии сетки, при которых точки с самыми малыми и самыми большими значениями координат разместятся в пределах сетки координат, а план – в центре листа.

Если координаты вычислены в общегосударственной зональной системе, левой крайней линии придают значение ординаты, близкое к наименьшему значению ординаты точки хода, а нижней горизонтальной линии придают абсциссу, близкую к наименьшей абсциссе хода.

Затем относительно известных линий и точек, руководствуясь абрисом, наносят на план подробности, снятые на местности. Способы нанесения контурных точек те же, какие были применены для их съемки на местности. Однако действия совершают при этом в обратном порядке.

ТЕМА 7: ПРИМЕНЕНИЕ ТАХЕОМЕТРА NIKON DTM-322.

Задание 1. Ознакомиться с тахеометром NIKON DTM-322. Изучить и освоить функциональные особенности основных частей тахеометра. Научиться использовать клавиатуру прибора для смены режима съемки, снятия и записи геодезических данных.

Задание 2. Выполнить 1 поверку тахеометра - ось цилинд-

рического уровня при алидаде горизонтального круга должна быть перпендикулярна к вертикальной оси вращения теодолита.

Задание 3. Выполнить ситуационную съемку произвольного участка. Теодолитный ход вести с опорных геодезических знаков г. Чебоксары. Результаты записать в журнал съемки (см. Приложение 3).

Задание 4. Параллельно ведению журнала тахеометрической съемки нарисовать абрис участка.

Методические указания: теодолитный ход должен включать не менее 5 станций, иметь не менее 30 пикетов и быть замкнутым. Геодезические данные разрешается записывать в память прибора. При подготовке абриса применять топографические условные знаки. Назначение клавиш тахеометра и принципы его работы желательно изучить заранее, пользуясь руководством пользователя.

Задание 5. Построить топографический план, пользуясь полученными в ходе тахеометрической съемки данными. Для выполнения данного задания необходимо воспользоваться методикой, представленной в ТЕМЕ 6.

Задание 6. Используя метод интерполяции, вычислить и нанести горизонтали.

ТЕМА 8: ВЫНОСКА ТОЧЕК В НАТУРУ.

Задание 1. Вынести 4 точки – угла участка по известным углам хода и расстояниям. Для выноски разрешается использовать следующие приборы:

оптический теодолит 2Т30П и мерную ленту;
электронный теодолит SOUTH ET-02 и лазерный дальномер;

тахеометр Nikon DTM-322.

Выноска осуществляется по 2 вариантам.

Вариант 1:

1) Устанавливаем прибор на пункт геодезической сети (п.п. 4313) и обнуляемся на соседний пункт (п.п. 4301);

2) Выносим 1 точку участка: угол $59^{\circ}33'29''$, расстояние 20,82 м;

3) Выносим 2 точку участка: угол $87^{\circ}05'28''$, расстояние 17,62 м;

4) Устанавливаем прибор на 1 точку участка. Обнуляется на 2 точку участка. Выносим 3 точку: угол $270^{\circ}00'00''$, расстояние 10 м;

5) Переносим прибор на 2 точку участка. Обнуляется на 1 точку участка. Выносим 4 точку: угол $90^{\circ}00'00''$, расстояние 10 м.

Вариант 2:

1) Устанавливаем прибор на пункт геодезической сети (п.п. 4313) и обнуляемся на соседний пункт (п.п. 4301);

2) Выносим точку 1 теодолитного хода: угол $5^{\circ}40'54''$, расстояние 69,04 м;

3) Устанавливаем прибор на точку 1 теодолитного хода, обнуляемся на предыдущий пункт геодезической сети;

4) Выносим 1 точку участка: угол $200^{\circ}21'17''$, расстояние 10,68 м;

б) Выносим 2 точку участка: угол $269^{\circ}20'50''$, расстояние 4,56 м;

7) Устанавливаем прибор на 1 точку участка. Обнуляется на 2 точку участка. Выносим 3 точку: угол $270^{\circ}00'00''$, расстояние 10 м;

8) Переносим прибор на 2 точку участка. Обнуляется на 1 точку участка. Выносим 4 точку: угол $90^{\circ}00'00''$, расстояние 10 м.

Задание 2. Проверка полученных данных. Измеряется расстояние между 3 и 4 точками вынесенного участка. Оно должно быть равно 10 м. Если ошибка больше 10 см, работу нужно переделать.

Список использованной литературы

1. Лапташкина Л.М., Григорьев Н.Ф. Топографические планы и карты: Методические указания к практическим работам. Чебоксары: Изд-во Чуваш.ун-та, 1994.-16 с.

2. Лапташкина Л.М., Григорьев Н.Ф. Топография с основами геодезии. Методические указания к практическим работам. Чебоксары: Изд-во Чуваш.ун-та, 1994.-36 с.

Пример оформления журнала нивелирной съемки.

Ход: от пункта репера 89 до пункта реп. 93 Дата 12.06.1998Начало: 7ч. 30м. Конец: 8ч. 30м.Погода: ясно, слабый ветер Изображение: спокойноеНаблюдатель: Пронина Ю.А. Вычислитель: Сидоренко Д.В.

<u>N станции</u> N репек	Дальномер- ные расстоя ния до задней и перед. Репок	отсчеты по рейке		Превышение, мм	Среднее пре вышение, мм
		задней	передней		
<u>Реп. 89</u> 1-2	316 (7)	1455 (1)	1159 (3)		
	320 (8)	1771 (2)	1479 (4)	+202 (11)	+292 (13)
		6458 (6)	6266 (5)	+192 (12)	
		4687 (9)	4787 (10)	+100 (14)	
<u>2</u> 2 - 1	283	0808	1995		
	275	1091	1370	-279	-279
		5879	6057	-178	
		4788	4687	-101	
<u>Постранич- ные кон- трольные вычисления</u>	1194 (21)	15199 (15)	15172 (16)	+27 (17)	+13 (18)
		15172 (16)	+27 (19)	+13,5 (20)	

Приложение 2.

Пример оформления журнала теодолитной съемки.

$$MO = \frac{\mu + \mu}{2} = -0^{\circ}02'$$

$$K = 100, \text{ круг Л}$$

$$V = 1,48$$

Станция 1 " " " 2000 г.
Ориентировано на ст. 2

Точки наблюдения	Расст.; читанное по рейке	Высота наведения	Отсчеты по гориз. кругу		Отсчеты по верт. кругу		Угол наклона		Расст. исправ. за "К" дальномера	Расстояние исправленное за наклон	Превышения h' по таблице	Разность v-l, м	Превышения h=h'+v-l, м	Отметка H, м	Абрис	
			о	'	±	°	'	°								'
1	2	3	4	5		6		7	8	9	10	11	12	13		
Ст.6	П			+ 0	33	- 0	35									Отметка станции 1 50,00
	Л			- 0	37	- 0	35						-1,55			
Ст.2	П			+ 0	51	- 0	53									
	Л	1,48	0 00	- 0	55	- 0	53						-3,15			
1	96,7	2,5	2 50	+ 0	44	+ 0	46	96,7	96,7	+1,28	-1,02	+0,26	50,26			
2	59,1	1,48	11 07	+ 1	06	+ 1	08	59,1	59,1	+1,17	0	+1,17	51,17			
3	28,6	1,48	12 30	+ 1	33	+ 1	35	28,6	28,6	+0,79	0	+0,79	50,79			
4	128,2	2,5	24 53	+ 0	28	+ 0	30	128,2	128,2	+1,12	-1,02	+0,10	50,10			
5	79,1	1,48	47 00	+ 1	52	+ 1	54	79,1	79,0	+2,62	0	+2,62	52,62			
6	53,4	1,48	74 30	+ 1	06	+ 1	08	53,4	53,4	+1,05	0	+1,05	51,05			
7	52,3	1,48	110 03	- 1	01	- 0	59	52,3	52,3	-0,90	0	-0,90	49,10			
Ст.2			0 00													

Приложение 3.

Журнал тахеометрической съемки.

Объект:		Исполнители:					
Дата:		Заказчик:					
Точки		Горизонтальный угол	Вертикальный угол	Расстояние, м	Высота прибора Н _i , м	Высота вешки Н _v , м	Примечание
стояния	ориентирования						

Приложение 4.

Список рекомендуемой литературы.

1. Авакян В. В. Прикладная геодезия. Технологии инженерно-геодезических работ : учебник / В. В. Авакян. – 3-е изд. – Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. – 616 с.
2. Дьяков Б.Н. Инженерная геодезия: учебник для вузов / Б.Н. Дьяконов. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 416 с.
3. Инженерная геодезия: учебник для вузов / Ключин Е. Б., Киселев М. И., Михелев Д. Ш., Фельдман В. Д.; под ред. Михелева Д. Ш. - 2-е изд., испр. - М.: Высш. шк., 2001. - 464с.
4. Курошев Г. Д. Геодезия и топография: учебник для вузов по специальностям "География", "Картография" / Курошев Г. Д., Смирнов Л. Е. - М.: Academia, 2006. - 174с.
5. Левитская Т. И. Основы геодезии : учеб. пособие / Т. И. Левитская. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2017. — 88 с.
6. Макаров К.Н. Инженерная геодезия: учебник для среднего профессионального образования / К.Н. Макаров. – Москва: Издательство «Юрайт», 2023. – 243 с.
7. Передерин В. М. Основы геодезии и топографии : учебное пособие / В. М. Передерин, Н. В. Чухарева, Н. А. Антропова; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – 4-е изд. – Томск : Изд-во ТПУ, 2010.
8. Подшивалов В. П. Инженерная геодезия : учебник / В. П. Подшивалов, М. С. Нестеренок. – Минск : Вышэйшая школа, 2014. – 464 с.
9. Соловьев А. Н. Основы геодезии и топографии / А. Н. Соловьев. Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 240 с.

Топография с основами геодезии

Методические указания к лабораторным занятиям

Редактор Л.Г. Григорьева

Подписано в печать 02.02.2023. Формат 60 × 84/16.

Бумага газетная. Офсетная печать. Гарнитура таймс.

Усл. печ. л. 2,0. Уч.-изд. л. 1,7 Тираж 100 экз. Заказ №

Чувашский государственный университет

Типография университета

428015 Чебоксары, Московский просп.,15