



Л.М. Вавилова

ГЕОДЕЗИЯ

Екатеринбург
2014

Электронный архив УГЛТУ

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВПО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет среднего профессионального образования

Л.М. Вавилова

ГЕОДЕЗИЯ

Методические указания
для студентов-заочников
специальности «Лесное и лесопарковое хозяйство»

Екатеринбург
2014

Печатается по рекомендации методической комиссии ФСПО.
Протокол № 4 от 23 сентября 2011 года.

Рецензент – преподаватель ФСПО В.В. Удилов

Редактор К.В. Корнева
Оператор компьютерной верстки Е.А. Газеева

Подписано в печать		Поз. 128
Плоская печать	Формат 60×84 1/16	Тираж 10 экз.
Заказ №	Печ. л. 1,86	Цена руб. коп.

Редакционно-издательский отдел УГЛТУ
Отдел оперативной полиграфии УГЛТУ

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания (программа и задания) для контрольной работы написаны для студентов-заочников, обучающихся по специальности «Лесное и лесопарковое хозяйство» в целях оказания помощи в самостоятельном изучении предмета «Геодезия» и выполнении контрольной работы в межсессионный период.

Программа предусматривает изучение систем координат, применяемых в геодезии: масштабов, номенклатуры карт; ориентирующих углов; способов изображения рельефа на топографических картах; принципов и методов выполнения съемочных работ; основных сведений из теории погрешностей; приборов для измерения расстояний, ориентирующих углов и румбов; устройства и основных проверок теодолитов; способов измерения горизонтальных и вертикальных углов; способов определения площадей на планах и картах; приборов геометрического нивелирования; вопросы организации нивелирования линейных сооружений и площадей; способов подготовки материалов для выноса проекта землеустройства в натуру. Методические указания снабжены списком литературы [1–4].

При изучении учебного материала необходимо соблюдать единство терминологии и обозначений в соответствии с действующими стандартами и Международной системой единиц измерений (СИ).

После освоения учебной дисциплины «Геодезия» студент должен обладать общими компетенциями (ОК):

ОК 1. Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК 3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

ОК 5. Использовать информационно-коммуникативные технологии в профессиональной деятельности.

ОК 6. Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

ОК 7. Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), результат выполнения заданий.

ОК 8. Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.

ОК 9. Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности.

ОК 10. Исполнять воинскую обязанность, в том числе с применением полученных профессиональных знаний (для юношей).

После освоения учебной дисциплины «Геодезия» студент должен обладать профессиональными компетенциями (ПК):

ПК 1. Планировать, осуществлять и контролировать работы по лесному семеноводству.

ПК 2. Участвовать в проектировании и контролировать работы по лесовосстановлению, лесоразведению и руководить ими.

ПК 3. Осуществлять тушение лесных пожаров.

ПК 4. Осуществлять отвод лесных участков для проведения мероприятий по использованию лесов.

ПК 5. Планировать и контролировать работы по использованию лесов с целью заготовки древесины и других лесных ресурсов и руководить ими.

ПК 6. Планировать, осуществлять и контролировать рекреационную деятельность.

ПК 7. Проводить таксацию срубленных, отдельно растущих деревьев и лесных насаждений.

ПК 8. Проводить полевые и камеральные лесоустроительные работы.

После освоения дисциплины обучающиеся должны:

1) уметь:

- читать топографические и лесные карты (планы), выполнять по ним измерения и вычерчивать их фрагменты;

- применять геодезические приборы и инструменты;

- вести вычислительную и графическую обработку полевых измерений;

2) знать:

- назначение и содержание лесных карт (планов);

- назначение и устройство геодезических приборов;

- организацию и технологию геодезических работ;

- основные сведения из теории погрешностей.

Итоговый контроль в соответствии с учебным планом – экзамен.

Прочие знания по геодезии студенты могут получить только в том случае, если они изучают все теоретические работы, предусмотренные программой предмета.

Работа студентов-заочников по предмету «Геодезия» включает следующие элементы:

- самостоятельное изучение вопросов программы по учебнику;

- ознакомление на месте (по возможности) с геодезическими инструментами;

- консультации по предмету;

- выполнение контрольных работ;

- посещение занятий и консультаций по предмету во время экзаменационной сессии.

При самостоятельном изучении предмета вначале ознакомьтесь с вопросами очередной темы. Затем прочитайте указания к теме и изучите все вопросы по учебнику с учетом рекомендаций. Осмысливая изучаемые вопросы, конспектируйте основные термины, положения, выводы, вычерчивайте поясняющие схемы. Для закрепления материала решайте задачи, отвечайте на вопросы самопроверки.

Требования к оформлению домашней контрольной работы

Домашняя контрольная работа выполняется в межсессионный период после изучения программы предмета «Геодезия». Задания оформляются на чистых листах писчей бумаги формата А4, которые затем подшиваются. Титульный лист работы оформляется типовой наклейкой с указанием всех реквизитов. В конце работы должен быть список литературы.

Текст контрольной должен быть написан с интервалом 8–10 мм, разборчивым почерком, пастой синего или черного цвета. Чертежи следует выполнять аккуратно, с нанесением необходимых размеров и надписей. Формулы, приводимые в тексте, должны быть расшифрованы.

РАЗДЕЛ 1. ПЛАНЫ И КАРТЫ, ОСНОВЫ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ

Тема 1. Изображение земной поверхности на планах и картах

Понятие о форме и размерах Земли.

Понятие о картографических проекциях. Проекция Гаусса и ее свойства.

Ортогональное проектирование и горизонтальные приложения.

Системы координат, применяемые при съемке местности и использовании карт.

Карта, план и профиль местности.

Масштабы и измерение расстояний по карте и плану.

Классификация и назначение карт и планов.

Разграфка и номенклатура карт.

Координатные сетки на топографических картах.

Определение по карте географических и прямоугольных координат точек.

Нанесение на план (карту) точек по их географическим и прямоугольным координатам.

Ориентирование линий.

Измерение по карте дирекционных углов и азимутов.

Румбы и их связь с азимутами (дирекционными углами).

Сближение меридианов, магнитное склонение, поправка направления.

Изображение ситуации местности на топографических и лесных картах (планах).

Изображение рельефа местности горизонталями и условными знаками.

Определение по карте форм, характерных линий и точек рельефа, абсолютных и относительных высот (отметок) точек, крутизны и формы скатов и уклонов линий местности.

Практические занятия

Линии. Проведение линий различной толщины с помощью рейсфедера и чертежного пера. Проведение точечного пунктира штрихов, кривых линий, горизонталей.

Шрифты. Значение шрифтов и надписей на лесных планах, схемах. Общие сведения по построению букв и шрифтов. Вычерчивание надписей. Условные знаки и обозначения для планово-картографических материалов лесоустройства. Вычерчивание фрагментов лесоустроительного планшета и плана лесонасаждений. Методика вычерчивания условных знаков, наиболее распространенных в лесоустройстве.

Решение задач по определению, по карте расстояний, координат и направлений, изучению рельефа [3, с. 6–41].

Методические указания

При изучении данной темы студенты должны научиться грамотно читать плано-картографические материалы и решать по ним определенные задачи. Эти знания затем позволят целенаправленно изучать методы измерения земной поверхности и изображения ее на планах.

Обязательно законспектируйте определения часто встречающихся терминов: уровенная поверхность, горизонтальное проложение, высота точки, превышение, план, карта, профиль, масштаб, координаты, азимут, румб, сближение меридианов, магнитное склонение, горизонталь, высота сечения, заложение, уклон; крутизна ската, водораздел, водослив.

Особенно надежно освойте работу с масштабами, перевод азимутов в румбы и определение уклонов.

При изучении основных картографических проекций, топографических карт, рельефа и ориентирования линий, повторите эти вопросы по географии СССР для 8-го класса. По топографической карте решите задачи, перечисленные в практических занятиях. Объекты для решения задач выберите на свое усмотрение, а решения их запишите в конспекте.

Изучая лесные планы, обратитесь в лесничество, где с этими документами работают, они должны оказать вам помощь.

После освоения данной темы для самопроверки ответьте на контрольные вопросы учебника и решите приведенные ниже задачи. В случае затруднений вновь вернитесь к учебнику и прочитайте соответствующий материал внимательнее.

Задачи для самоконтроля

1. Определите горизонтальное проложение линии, если ее длина на местности 218,43 м, а угол наклона к горизонту 4° .

2. Определите длину наклонной линии местности, если ее горизонтальное приложение 193,18 м, а угол наклона 5° .

3. Какова будет длина линии на плане в масштабе 1:5000, если горизонтальное приложение линии местности 275,38 м?

4. Определите масштаб, если отрезку на плане в 2,4 см соответствует на местности длина 600 м.

5. Определите расстояние на местности, если на топографической карте в масштабе 1:25000 между заданными точками 93 мм.

6. Определите прямоугольные координаты пункта, расположенного в квадрате прямоугольной (километровой) сетки, координаты юго-западного угла квадрата $X = 6068$ км, $Y = 4312$ км, длина перпендикуляра, опущенного из данного пункта на южную сторону квадрата, в масштабе карты равна 175 м, а длина перпендикуляра, опущенного из данного пункта на западную сторону квадрата в масштабе карты – 810 м.

7. Переведите азимуты $339^{\circ}18'$; $64^{\circ}08'$; $184^{\circ}23'$; $17^{\circ}20'$ в румбы.
8. На топографической карте дирекционный угол направления имеет величину 89° , сближение меридианов западное $-2^{\circ}24'$, магнитное склонение восточное $+6^{\circ}12'$. Определите истинный азимут этого направления, используя величину сближения меридианов. Определите магнитный азимут этого направления, используя магнитное склонение.
9. Определите уклон и крутизну ската участка шоссе, заключенного между горизонталями, если высота сечения 5 м, заложение по карте 5 мм, масштаб карты $-1:25000$.
10. Определите уклон, если превышение между точками составляет 3,7 м, а горизонтальное проложение -128 м.
11. Определите отметку точки, лежащей между горизонталями 190 и 195 м, если расстояние между горизонталями на плане 12 мм, а между горизонталью 190 м и точкой -3 мм.

Тема 2. Принципы и методы выполнения съемочных работ

Виды и методы съемок.

Принципы организации съемочных работ.

Основные геодезические задачи: вычисление дирекционных углов направлений, решение треугольников, прямая и обратная геодезические задачи (на плоскости).

Методы определения планового положения точек местности.

Опорные геодезические сети. Съемочная сеть.

Обозначение и закрепление на местности пунктов съемочной сети.

Практические занятия

Решение основных геодезических задач и задач по определению планового положения точек местности [3, с. 112–118].

Методические указания

Изучая эту тему, вы познакомитесь с видами съемок, основными принципами выполнения съемочных работ и с опорными точками геодезических сетей.

Обратите особое внимание на решение основных геодезических задач и после ответа на контрольные вопросы учебника [1, с. 50], прорешайте задачи для закрепления материала и самоконтроля.

Задачи для самоконтроля

1. Вычислите дирекционный угол последующей линии, если дирекционный угол предыдущей линии $273^{\circ}14'$, а правый угол между ними равен $108^{\circ}10'$.
2. Определите длину стороны треугольника, если в результате возможного измерения остальные две стороны оказались длиной 148,37 и 172,28 м,

а угол между ними – $87^{\circ}12'$. Определите затем величины углов, прилежащих к неизвестной стороне.

3. Координаты первой точки: $X_1 = +124,75$ м, $Y_1 = 231,27$ м; направление на вторую точку ЮВ – $17^{\circ}18'$; расстояние между точками – $178,23$ м. Определите приращения координат, а затем координаты X_2 и Y_2 .

4. Координаты первой точки: $X_1 = +318,26$ м, $Y_1 = +124,19$ м. Координаты второй точки: $X_2 = +114,26$ м, $Y_2 = +372,19$ м. Определите расстояние между точками, а затем румб этого направления (вычислив тангенс румба, по таблице тангенсов обратным ходом определите величину угла).

Тема 3. Основные сведения из теории погрешностей измерений и техники вычислений

Метрология и научно-технический прогресс.

Виды измерений: измерения прямые, косвенные, совместные; совокупные. Основные методы прямых измерений и их характеристика.

Погрешности измерений, формы выражения погрешности измерений. Точность, правильность, сходимость и воспроизводимость измерений. Округление результатов измерений. Истинные и действительные значения измеряемой величины. Определение погрешности измерения. Грубые систематические и случайные погрешности и причины их появления. Абсолютная и относительная погрешности. Способы исключения и учета погрешностей.

Случайный характер результатов измерений. Случайные события, явления, величины. Законы случайных величин. Средняя квадратическая погрешность, вычисляемая по истинным и вероятнейшим ошибкам.

Обработка результатов измерений, содержащих случайные погрешности. Определение среднего арифметического значения и отклонений от среднего. Определение среднего квадратического отклонения результата измерения. Формы представления результатов измерений.

Основы обеспечения единства измерений.

Практические занятия

Решение задач по обработке измерений [3, с. 42–50].

Методические указания

В процессе всех измерений получают приближенные результаты, поэтому необходимо изучить все возможные погрешности измерений, чтобы уметь правильно оценить точность результата, при необходимости выбрать прибор и методику работы для выполнения измерений с заданной точностью.

Приближенные величины получают и в процессе большинства вычислений. Чтобы производить вычисления достаточно точно и при наименьших усилиях, надо знать хотя бы основные правила вычислений.

Задачи для самоконтроля

1. Линия местности измерена 6 раз. Результаты измерения: 530,76; 530,92; 530,74; 530,63; 530,94; 530,75 м. Вычислите вероятнейшее значение ее длины, среднюю квадратическую погрешность одного измерения, предельные абсолютную и относительную погрешности, а также оцените точность определения среднего арифметического.
2. Вычислите верный ответ при сложении $35,189 + 742,3 + 127,3182$.
3. Вычислите верный ответ при умножении приближенных чисел $89,3 \cdot 8,1836$. Для убедительности умножьте $89,31 \cdot 8,1836$; $89,3 \cdot 8,184$ и сравните ответы.
4. Вычислите верный ответ при делении приближенных чисел $144,49 : 7,6$. Для убедительности разделите $144,49 : 7,61$; $144 : 7,6$ и сравните ответы.

РАЗДЕЛ 2. ГОРИЗОНТАЛЬНЫЕ СЪЕМКИ

Тема 1. Линейные измерения

Приборы непосредственного измерения расстояний, их устройство и компарирование.

Подготовка линий к измерению; особенности провешивания линий в лесу.

Порядок измерения линии. Погрешности и точность измерений.

Вычисление горизонтальных проложений; эклиметр, его устройство и поверки.

Введение поправки за наклон в ходовую линию, разбиваемую на крутом скате.

Дальномеры, принцип их действия.

Нитяной дальномер, его устройство и точность.

Приведение к горизонту расстояния, измеренного нитяным дальномером.

Понятие о дальномерах двойного изображения и светодальномерах [3, с.74–83].

Методические указания

Измерение линий – один из основных моментов, от которого во многом зависит качество съемки. При изучении данной темы внимание обратите на подготовку линий и технологию измерения. Хорошо освойте порядок приведения наклонных линий к горизонту и решение обратной задачи, посмотрев при этом решенные задачи 1 и 2 темы в разделе 1.

Задачи для самоконтроля

1. Рабочая лента при сравнении с контрольной оказалась длиной в 20,02 м. Определите поправку за компарирование и действительную длину линии, если при измерении рабочей лентой средняя длина линии получилась 381,44 м.

2. Какой длины должна быть линия на склоне крутизной в 10° , чтобы горизонтальное приложение ее было равно 100 м? Задачу решите через косинус угла наклона.

3. Определите горизонтальное проложение, если нитяной дальномер на склоне в 5° показал 193,0 м.

Тема 2. Съёмка буссолью и гониометром

Буссоли и гониометры, их устройство и поверки.

Измерение ими азимутов, румбов и горизонтальных углов.

Полевые работы при буссольной съёмке.

Способы съёмки ситуации. Применение экера.

Составление плана по материалам буссольной съёмки.

Лабораторная работа

Изучение устройства и поверок буссоли, гониометра, экера.

Измерение и построение ими углов и направлений.

Обработка журнала буссольной съёмки лесопокрытого участка.

Составление фрагмента плана участка местности по материалам буссольной съёмки [3, с. 52–57].

Методические указания

В практической деятельности, например, при отводе лесосек, лесоводы чаще применяют буссольную съёмку. Поэтому изучить ее надо основательно. Для этого попросите в лесничестве буссоль или гониометр, познакомьтесь с устройством и научитесь измерять углы.

Правила измерения внутренних углов, азимутов и румбов следующие:

1. Для измерения горизонтального угла:

а) привести прибор в рабочее положение (установить на кол над точкой-вершиной угла, установить горизонтально плоскость лимба, ориентируясь по концам освобожденной стрелки, поднять диоптры у буссоли);

б) закрепить лимб винтом;

в) визировать на заднюю (по ходу съёмки) веху и по верньеру глазного диоптра записать отсчет;

г) визировать на переднюю веху и по верньеру глазного диоптра записать отсчет;

д) разность отсчетов (отсчет на заднюю веху минус отсчет на переднюю) даст величину угла.

2. Для измерения азимута:

а) привести прибор в рабочее положение;

б) сориентировать лимб по магнитному меридиану (совместить нуль верньера с нулем лимба и повернуть прибор до совпадения нулевого диаметра буссольного кольца с направлением магнитной стрелки; нуль лимба при этом должен быть против южного конца стрелки);

- в) закрепить лимб винтом;
 - г) визировать по данному направлению, вращая только алидаду;
 - д) записать величину азимута по верньеру глазного диоптра.
3. Для измерения румба:
- а) привести прибор в рабочее положение;
 - б) совместить нуль верньера глазного диоптра с нулем лимба;
 - в) визировать по данному направлению, вращая лимб (у гониометра можно верхний цилиндр);
 - г) записать величину румба на концах магнитной стрелки, а название четверти определить по расположению предметного диоптра.

При буссольной съемке измеряют горизонтальные внутренние углы (или румбы, или азимуты) для ориентирования линий, длины линий и углы их наклона – для определения горизонтальных проложений. Эти данные определяют положение характерных точек участка на плане. Если окажется возможным, поприсутствуйте во время съемок лесосек, а также посмотрите нанесение планов лесосек на лесоустроительный планшет. Потренируйтесь строить буссолью заданные углы на местности.

Задачи для самоконтроля

Составьте план по румбам, определите и распределите невязку в учебных целях. Масштаб плана 1:5000.

Тема 3. Теодолитная съемка

Таблица 1

Теодолитная съемка

№ точек	Румб средний	Длина линий	Угол наклона	Горизонтальное проложение
1–2	СВ: 37°	543,5	0°	543,5
2–3	ЮВ: 75°	510,5	8°	505,5
3–4	ЮЗ: 10°	705,2	0°	705,2
4–1	СЗ: 6°	782,4	6°	778,1
				2532,3

Область применения и технологическая схема теодолитной съемки (табл. 1). Теодолиты. Назначение, схема измерения углов, классификация.

Устройство важнейших частей теодолитов.

Конструктивные особенности теодолитов, применяемых на лесных съемках.

Поверки и юстировки теодолитов.

Приведение теодолита в рабочее положение.

Измерение горизонтальных углов способами приемов и круговых приемов.

Погрешности измерения углов и способы их снижения.

Полевые работы при теодолитной съемке: создание съемочного обоснования и съемка подробностей местности.

Камеральные работы при теодолитной съемке: вычисление координат вершин теодолитных ходов, составление плана участка местности.

Лабораторная работа

Изучение устройства и проверок теодолита, а также правил обращения с ним. Измерение горизонтальных углов.

Вычисление координат точек съемочного обоснования теодолитной съемки: обработка журнала измерения углов и сторон полигона и диагонального теодолитного хода; составление схемы ходов; увязка углов, вычисление дирекционных углов и румбов; вычисление приращений координат и их увязка; оценка точности угловых и линейных измерений; вычисление координат.

Составление и вычерчивание горизонтального плана по материалам теодолитной съемки [3, с. 59–72].

Методические указания

При создании геодезической основы лесоустроительных планшетов, съемке окружной границы лесного массива, восстановлении границ, съемке участков под застройку или организацию нижних складов, т.е. там, где требуется более высокая точность геодезических работ, применяют теодолитную съемку. Изучение этой темы также позволит вам приобрести уверенность в работе с планами.

Разбирая по учебнику устройство теодолита и работу с ним, при имеющейся возможности познакомьтесь с теодолитом в натуре. Посмотрите в своем конспекте решение основных геодезических задач в теме 2 раздела 1. Ответьте на вопросы учебника [1, с. 122] и прорешайте задачи для самоконтроля.

Задачи для самоконтроля

1. Определите угловую невязку замкнутого теодолитного хода, если измерены внутренние углы: $\beta_1 = 121^\circ 27,0'$; $\beta_2 = 90^\circ 07,5'$; $\beta_3 = 135^\circ 49,0'$; $\beta_4 = 84^\circ 10,5'$; $\beta_5 = 108^\circ 27,0'$.

Распределите угловую невязку и вычислите исправленные углы. Ответы данной и последующих задач запишите в виде таблицы (см. ведомость вычисления координат).

2. Вычислите дирекционные углы всех сторон полигона, если дирекционный угол линии $1-2\alpha_{1-2} = 335^\circ 24'$, внутренние исправленные углы равны углам из 1-й задачи. Переведите дирекционные углы в румбы.

3. Вычислите приращения координат точек полигона, если горизонтальные проложения сторон: $S_{1-2} = 231,30$; $S_{2-3} = 200,40$; $S_{3-4} = 241,00$; $S_{4-5} = 263,40$; $S_{5-1} = 201,60$. Румбы сторон возьмите из 2-й задачи.

4. Определите невязки в приращениях координат замкнутого хода из 3-й задачи, затем по ним абсолютную линейную невязку и относительную.

5. Распределите невязки в приращениях координат с обратным знаком и пропорционально длинам сторон на основании данных задач 3–4.

Вычислите исправленные приращения координат. Суммы их отдельно по осям должны быть равны нулю.

6. Вычислите координаты точек, приняв координаты первой точки $X_1 = +500,00$ м; $Y_1 = +500,00$ м, а исправленные приращения координат – из 5-й задачи.

7. Составьте по вычисленным в 6-й задаче координатам план в масштабе 1:5000, проверяя накладку точек по совпадению горизонтальных проложений между ними.

Тема 4. Определение площадей

Графический способ. Механический способ. Аналитический способ. Увязка площадей. Порядок вычисления площадей планшета, квартала, выдела.

Практические занятия

Определение площадей аналитическим, механическим и графическим способами [3, с. 35–40].

Методические указания

Освоив все способы определения площади, вы будете иметь возможность в конкретном случае выбрать подходящий, обеспечивающий заданную точность. Во многих случаях площадь участка местности, имеющего неправильную форму, удобнее определять с помощью плана этого участка.

При этом надо иметь в виду, что нас интересует не площадь плана в см, а площадь участка местности в м², т.е. надо грамотно использовать масштаб плана. Если вы ведете расчет площади геометрическим способом в метрах местности, то необходимо размеры треугольника, взятые с плана, сразу перевести по масштабу плана в размеры его на местности. Рекомендуют в расчете использовать измеренные на местности стороны участка, размер которых определен более точно, чем дает измерение по плану. Если же расчеты площади ведете в сантиметрах плана, то не путайте 1 см и 1 см² при переводе площади плана в соответствующую ей площадь местности по масштабу. Так, в масштабе 1:20000 1 см плана содержит 200 м местности; а площадь 1 см плана содержит на местности площадь размером 200×200 м, т.е. 40000 м² или 4 га.

Решите в конспекте задачи для самоконтроля, приведенные в этой теме. Работу планиметром, если нет возможности освоить ее дома, освоите на сессии.

Задачи для самоконтроля

1. Сколько гектаров в 1 см² плана, если масштаб его 1:5000?
2. Участок имеет форму треугольника, у которого основание на плане 4 см, а высота 6 см. Масштаб плана 1:2000. Сначала определите площадь плана в см² и переведите в м² местности по масштабу. Затем, переведя размеры треугольника в метры местности по масштабу, определите сразу площадь участка.
3. Определите графическим и аналитическим способами площадь участка, план которого вы составили, решая задачи в теме 3 раздела 2.

РАЗДЕЛ 3. ВЕРТИКАЛЬНЫЕ СЪЕМКИ

Тема 1. Приборы геометрического нивелирования

Сущность геометрического нивелирования. Классификация нивелиров. Нивелиры и нивелирные рейки. Поверки нивелиров и реек. Погрешности и точность нивелирования [3, с. 89–103].

Методические указания

Изучая вопросы данной темы, особое внимание обратите на сущность геометрического нивелирования. Добейтесь четкого понимания процесса измерения превышений между точками местности и определения их высот (отметок). Это позволит вам разобраться в вопросах следующей темы.

Познакомьтесь с устройством и работой нивелира по учебнику, а при возможности и в натуре.

Задачи для самоконтроля

1. Определите превышение между точками, если при геометрическом нивелировании отсчет по задней рейке 1456 мм, отсчет по передней рейке 2378 мм. Нарисуйте схему этой задачи.
2. Определите высоту передней точки, если отметка задней точки 132687 мм. Превышение между точками возьмите из 1-й задачи. Решите задачу 2, используя значение горизонта инструмента. Отсчеты по рейкам возьмите в 1-й задаче.

Тема 2. Нивелирование трассы

Назначение и содержание геодезических работ, выполняемых при изысканиях линейных сооружений. Закрепление трассы.

Горизонтальная съемка трассы и разбивка пикетажа.

Полевые работы при нивелировании.

Камеральная обработка результатов горизонтальной и вертикальной съемок трассы.

Проектирование по профилю.

Лабораторная работа

Изучение устройства и поверок нивелира.
Измерение превышений.
Обработка журнала нивелирования трассы.
Составление и вычерчивание продольного и поперечного профилей.
Проектирование по профилю [3, с. 274 – 291].

Методические указания

Изучение этой темы позволит уяснить назначение и технологию данной съемки. При рассмотрении порядка ведения журнала технического нивелирования и его обработки используйте «Руководство по топографическим съемкам в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500».

Задачи для самоконтроля

1. Рассчитайте элементы кривой. Угол поворота $46^{\circ}36'$, радиус кривой 400 м.
2. Определите пикетажное значение начала и конца кривой по данным из 1-й задачи. Пикетажное значение вершины угла поворота ПКЗ + 42,00.
3. Нарисуйте разбивочный чертеж по данным задач 1 и 2. Определите координаты для переноса ПК-2 на кривую.

РАЗДЕЛ 4. ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ В ЛЕСНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Тема 4.1. Основы аэрофототопографической съемки

Сущность аэрофототопографической съемки.
Виды аэрофотоснимков, используемых при лесной съемке.
Геометрические свойства аэрофотоснимков: проекция, масштаб, искажения за перспективу и рельеф. Свойства стереоскопической пары снимков.
Плановое и высотное обоснование аэрофототопографической съемки.
Понятие о фототриангуляции.
Трансформирование аэроснимков. Фотопланы и фотосхемы.
Фототопографическое дешифрирование аэроснимков. Понятие о космической фотосъемке.

Практические занятия

Привязка снимка к карте.
Определение масштаба аэрофотоснимка.
Топографическое дешифрирование аэрофотоснимков.
Измерение расстояний по аэрофотоснимку и определение прямоугольных координат сфотографированных объектов [3, с. 341–346].

Методические указания

Перед изучением вопросов этой темы повторите виды и методы съемок (§ 12 учебника [1]). Уясните назначение аэрофотосъемки вообще и для составления лесных планов в частности. Обратите особое внимание на определение масштаба аэрофотоснимка, его привязку (определение координат контурных точек), составление фотоплана и нанесение ситуации при составлении лесоустroительного планшета.

Задачи для самоконтроля

1. Определите масштаб аэроснимка, если длина отрезка на снимке 35,2 мм, длина этого отрезка на местности 352,4 м.
2. Определите необходимую высоту фотографирования (полета) для получения аэрофотоснимков в масштабе 1:20000, если фокусное расстояние АФА-200 мм.

Тема 2. Организация съемочных работ при лесоустroйстве

Основные положения и нормативы, применяемые при организации съемок в целях инвентаризации лесных площадей.

Организация съемочно-геодезических работ в планшете, урочище. Изготовление лесоустroительного планшета.

Тема 3. Геодезическое проектирование и перенос в натуру объектов лесоустroйства и лесного хозяйства

Способы подготовки данных для выноса проекта в натуру.

Проектирование участков заданной площади.

Способы разбивочных работ.

Построение на местности проектных линий и углов.

Вынос на местность точки с заданной проектной отметкой.

Построение на местности линии заданного уклона.

Перенесение с проекта в натуру осей и точек сооружения (площадки).

Вынос в натуру проекта квартальной сети.

Вынос в натуру лесосеки.

Восстановление границы лесопользования.

Практические занятия

Ознакомление с графической частью проектов лесного хозяйства. Подготовка данных для выноса проекта в натуру. Проектирование лесосеки заданной площади и подготовка данных для вынесения ее в натуру.

Методические указания

В этом разделе вы рассмотрите основные геодезические задачи, решаемые в практике лесного хозяйства, на основе изученного ранее материала. Особое внимание обратите на составление геодезической основы планшетов (по топокартам, по аэрофотоснимкам, по геоданным съемок) и перенос лесной ситуации на планшеты. Для этого повторите особенности разграфки лесных штанов (§ 7 учебника [1]), фотопланы и фототопографический метод лесной съемки (§ 57, 58 учебника [1]).

При изучении графического и аналитического способов подготовки данных для выноса проекта в натуру просмотрите решенные вами задачи в темах 1 и 2 раздела 1 и теме 1 раздела 2. Проектирование участков заданной площади рассмотрено в § 25 учебника [1].

Изучая вопросы по выносу на местность проектных данных, в конспекте зарисуйте четко схемы разбивочных работ, рассмотренных в учебнике, и кратко запишите последовательность их выполнения.

Задачи для самоконтроля

1. Расстояние между точками, измеренное по карте с помощью поперечного масштаба, равно 367 м. Превышение между этими точками – 17,3 м. Длина рабочей ленты – 20,008 м. Определите поправки за наклон линии и компарирование ленты, а затем длину линии местности для выноса ее в натуру.

2. На столбе в точке В необходимо сделать метку на проектной высоте 134,87 м. Нивелир установлен между точкой В и репером, имеющим высоту 133,92 м. Отсчет по рейке на репере – 2084 мм. Какой должен быть отсчет на рейке в точке В, если нуль рейки установить на проектную высоту?

3. Какой угол надо установить на вертикальном круге теодолита, если на местности необходимо построить линию с уклоном +0,040?

ЗАДАЧИ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ № 1

Задача 1. Линия местности измерена 6 раз и получены результаты, приведенные в табл. 2 (выпишите из табл. 2 по своему варианту – последней цифре шифра). Вычислите:

- вероятнейшее значение длины линии;
- среднюю квадратическую погрешность отдельного измерения;
- среднюю квадратическую погрешность арифметической середины;
- предельную относительную погрешность.

Решение запишите в виде таблицы (смотрите пример в учебнике [1]).

Таблица 2

Данные для задачи 1

Вариант	Результаты 6-кратного изменения длины линии, м					
0	530,76	530,92	530,74	530,63	530,94	530,75
1	421,16	421,24	421,06	421,27	421,32	421,40
2	612,44	612,32	612,68	612,54	612,88	612,75
3	723,11	723,07	723,60	723,35	723,52	723,42
4	324,98	324,83	324,69	324,72	324,91	324,89
5	815,35	815,54	815,27	815,91	815,65	815,57
6	566,74	566,46	566,53	566,86	566,59	566,79
7	437,67	437,97	437,92	437,70	437,68	437,68
8	638,63	638,69	638,89	638,38	638,58	638,74
9	719,98	719,57	719,45	719,88	719,59	719,61

Задача 2. Длина рабочей ленты при сличении ее с нормальной оказалась L м. Длина линии в результате измерения этой рабочей лентой получилась B м. Во время измерения ленту считали 20-метровой. Определите:

- 1) систематическую погрешность ленты;
- 2) общую поправку за неточность длины ленты;
- 3) действительную длину линии.

Поясните, почему при определении действительной длины вы прибавили или отняли общую поправку. Конкретные исходные данные по варианту выпишите из табл. 3.

Задача 3. Линия местности состоит из двух частей: L_1 и L_2 с различными углами наклона γ_1 и γ_2 . Определите общее горизонтальное проложение этой линии.

Начертите схему задачи и решите, используя косинус угла наклона. Исходные данные для задачи по варианту выпишите из табл. 3.

Таблица 3

Данные для задач 2, 3

Вариант	Л	В	L ₁ , м	Y ₁	L ₂ , м	Y ₂	М	L
0	20,01	580,40	300,08	+3°	120,19	-5°	1:2000	110,32
1	20,02	491,53	211,15	-5°	341,53	-3°	1:2500	121,73
2	19,38	342,63	422,24	+4°	192,83	+8°	1:5000	262,82
3	19,99	523,44	333,36	-6°	243,52	+4°	1:1000	73,93
4	20,01	494,76	344,42	+7°	294,84	-6°	1:2500	134,51
5	20,02	395,12	155,63	+9°	245,62	+7°	1:2000	125,77
6	19,98	466,71	266,64	-8°	356,13	+9°	1:2500	156,31
7	19,99	527,33	177,75	-3°	437,47	+2°	1:5000	257,83
8	20,01	418,82	388,82	+5°	168,51	-3°	1:1000	78,92
9	19,99	459,38	199,97	-7°	319,61	-5°	1:2500	139,42

Задача 4. Переведите румбы в азимуты.

Покажите на схемах зависимость между румбом и азимутом для каждого случая отдельно и запишите расчет. Данные по варианту выпишите из табл. 4.

Таблица 4

Данные для задачи 4

Вариант	Румбы			
	СВ:	ЮВ:	ЮЗ:	СЗ:
0	30°33'	79°23'	29°54'	14°09'
1	71°07'	28°58'	87°24'	72°14'
2	42°55'	65°11'	65°05'	10°49'
3	13°58'	43°02'	79°44'	68°34'
4	84°21'	83°09'	26°37'	59°59'
5	25°22'	57°37'	42°09'	25°44'
6	56°05'	39°36'	66°25'	49°41'
7	67°43'	19°51'	70°09'	45°28'
8	28°39'	83°04'	52°18'	62°22'
9	39°43'	49°38'	83°08'	49°32'

Задача 5. Составьте план по румбам и определите площадь участка геометрическим способом.

Начертите в тетради журнал буссольной съемки (табл. 5) и перепишите в него исходные данные своего варианта из табл. 6. Начертите по этим данным абрис (рис. 1) и на нем еще раз запишите румбы и длины посередине каждой стороны. Определите горизонтальные приложения.

По румбам и горизонтальным приложениям составьте план участка на чертежной бумаге формата А4 (297×210 мм) в карандаше.

Пример оформления смотрите на рис. 2. Первоначальную накладку и распределение невязки покажите тонкими линиями, а границу увязанного плана – утолщенными (для наглядности на чертеже распределена недопустимая невязка 1/51).

После изучения вопросов темы 4 раздела 2 подсчитайте площадь участка по составленному вами плану геометрическим способом. Для этого разбейте увязанный план участка на треугольники. Запишите в тетради расчет площади для каждого треугольника.

Существуют несколько вариантов составления плана. План буссольной съемки удобнее составлять по румбам в такой последовательности:

- провести линию меридиана посередине листа вертикально;
- выбрать положение первой точки по абрису так, чтобы план разместился на листе;
- построить транспортиром из любой точки на меридиане румб первой линии. При этом центр транспортира и отсчет величины румба должны находиться на меридиане, а нулевой диаметр транспортира должен быть направлен по названию румба на СВ или ЮЗ, на СЗ или ЮВ;
- провести из первой точки линию, параллельную построенному направлению (рис. 3);
- отложить на прочерченном направлении размер первой линии по масштабу, определив тем самым положение второй точки;
- определить положение остальных точек последовательно аналогичным построением.

Конец последней линии часто не попадает в первую точку, т.е. получается линейная невязка, характеризующая качество работы. Для нее определяют абсолютную и относительную величины и сравнивают с допуском. При отводе лесосек допускается погрешность, равная 1/300 части периметра.

Для устранения допустимой невязки надо точку 1' сместить в точку 1 (см. рис. 2), а остальные точки (кроме 1-й) сместить параллельно невязке в ту же сторону на величину, пропорциональную длине от начала хода. Величину смещения можно определить с помощью графика прямой пропорциональной зависимости. Для этого на прямой линии откладывают в более мелком масштабе стороны участка. В конце на перпендикуляре

откладывают невязку в масштабе плана, соединяют с первой точкой и восстанавливают перпендикуляры от остальных точек до наклонной линии. Полученные отрезки и покажут величину смещения для каждой точки.

Таблица 5

Журнал буссольной съемки

№ точек	Румб средний	Длина линии, м	Угол наклона, град	Горизонтальное проложение, м
1–2	СВ: 13°	57,5	7°	57,1
2–3	СВ: 84°	57,0	0°	57,0
3–4	ЮВ: 19°	38,8	8°	38,4
4–5	ЮЗ: 46°	50,5	0°	50,5
5–1	СЗ: 81°	51,8	0°	51,8

Таблица 6

Исходные данные для буссольной съемки

Номера точек	Румб средний	Длина линии, м	Угол наклона, град	Номера точек	Румб средний	Длина линии, м	Угол наклона, град
Вариант 0 (М 1:500)				Вариант 1 (М 1:500)			
1–2	СВ: 30°	31,9	0°	1–2	СВ: 50°	32,3	0°
2–3	СВ: 55°	30,1	0°	2–3	ЮВ: 48°	38,4	0°
3–4	ЮВ: 88°	55,3	14°	3–4	ЮВ: 83°	43,3	0°
4–5	ЮВ: 04°	34,9	15°	4–5	ЮЗ: 04°	34,9	15°
5–6	ЮЗ: 83°	43,3	0°	5–6	ЮЗ: 88°	55,3	14°
6–7	ЮЗ: 48°	38,4	0°	6–7	СЗ: 55°	30,1	0°
7–1	СЗ: 50°	32,3	0°	7–1	СЗ: 30°	31,9	0°

Окончание табл. 6

Номера точек	Румб средний	Длина линии, м	Угол наклона, град	Номера точек	Румб средний	Длина линии, м	Угол наклона, град
Вариант 2 (М 1:1000)				Вариант 3 (М 1:1000)			
1–2	СВ: 35°	63,8	0°	1–2	СВ: 45°	64,5	0°
2–3	СВ: 60°	60,2	0°	2–3	ЮВ: 53°	76,8	0°
3–4	ЮВ: 83°	108,5	8°	3–4	ЮВ: 88°	86,6	0°
4–5	ЮЗ: 01°	68,2	9°	4–5	ЮВ: 01°	68,2	9°
5–6	ЮЗ: 88°	86,6	0°	5–6	ЮЗ: 83°	108,5	8°
6–7	ЮЗ: 53°	76,8	0°	6–7	СЗ: 60°	60,2	0°
7–1	СЗ: 45°	64,5	0°	7–1	СЗ: 35°	63,8	0°
Вариант 4 (М 1:2000)				Вариант 5 (М 1:2000)			
1–2	СВ: 40°	127,6	0°	1–2	СВ: 40°	129,0	0°
2–3	СВ: 65°	120,4	0°	2–3	ЮВ: 58°	153,6	0°
3–4	ЮВ: 78°	216,4	7°	3–4	СВ: 87°	173,2	0°
4–5	ЮЗ: 06°	135,5	6°	4–5	ЮВ: 06°	135,5	6°
5–6	СЗ: 87°	173,2	0°	5–6	ЮЗ: 78°	216,4	7°
6–7	ЮЗ: 58°	153,6	0°	6–7	СЗ: 65°	120,4	0°
7–1	СЗ: 40°	129,0	0°	7–1	СЗ: 40°	127,6	0°
Вариант 6 (М 1:2500)				Вариант 7 (М 1:2500)			
1–2	СВ: 45°	159,5	0°	1–2	СВ: 35°	161,3	0°
2–3	СВ: 70°	150,5	0°	2–3	ЮВ: 63°	192,0	0°
3–4	ЮВ: 73°	270,5	7°	3–4	СВ: 82°	216,5	0°
4–5	ЮЗ: 11°	170,2	8°	4–5	ЮВ: 11°	170,2	8°
5–6	СЗ: 82°	216,5	0°	5–6	ЮЗ: 73°	270,5	7°
6–7	ЮЗ: 63°	192,0	0°	6–7	СЗ: 70°	150,5	0°
7–1	СЗ: 35°	161,3	0°	7–1	СЗ: 45°	159,5	0°

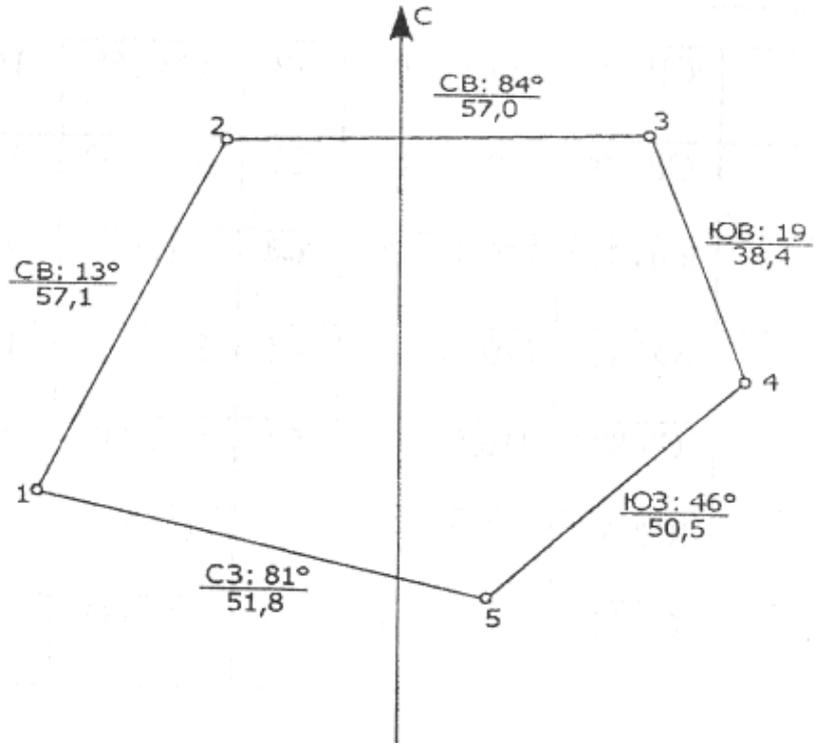


Рис. 1. Абрис буссольной съемки

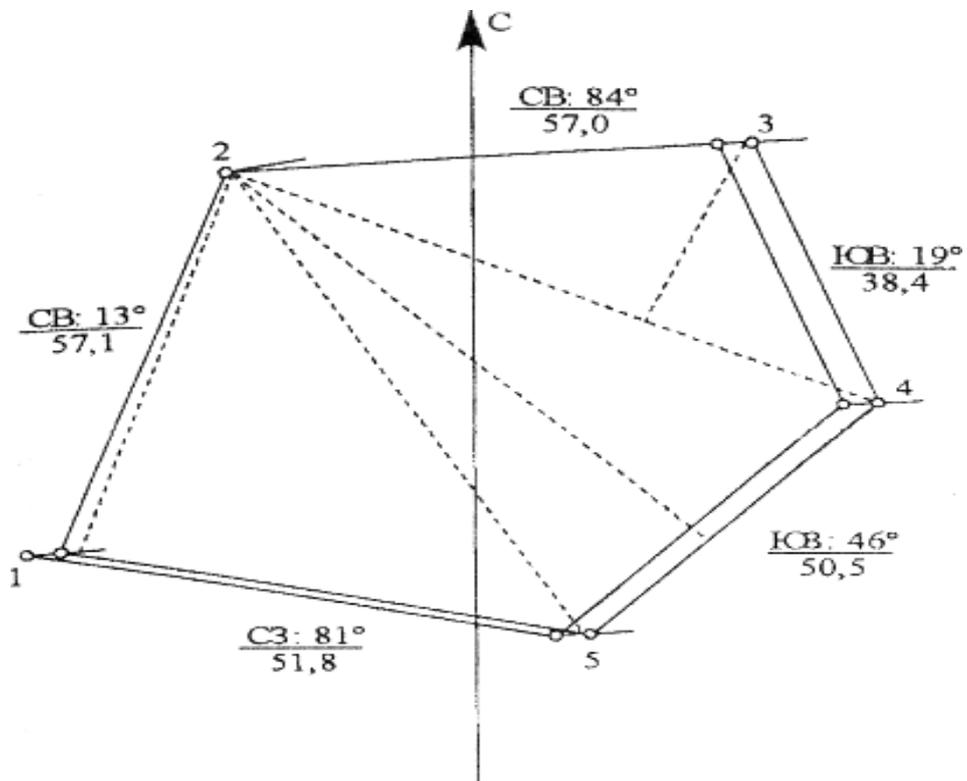


Рис. 2. План буссольной съемки

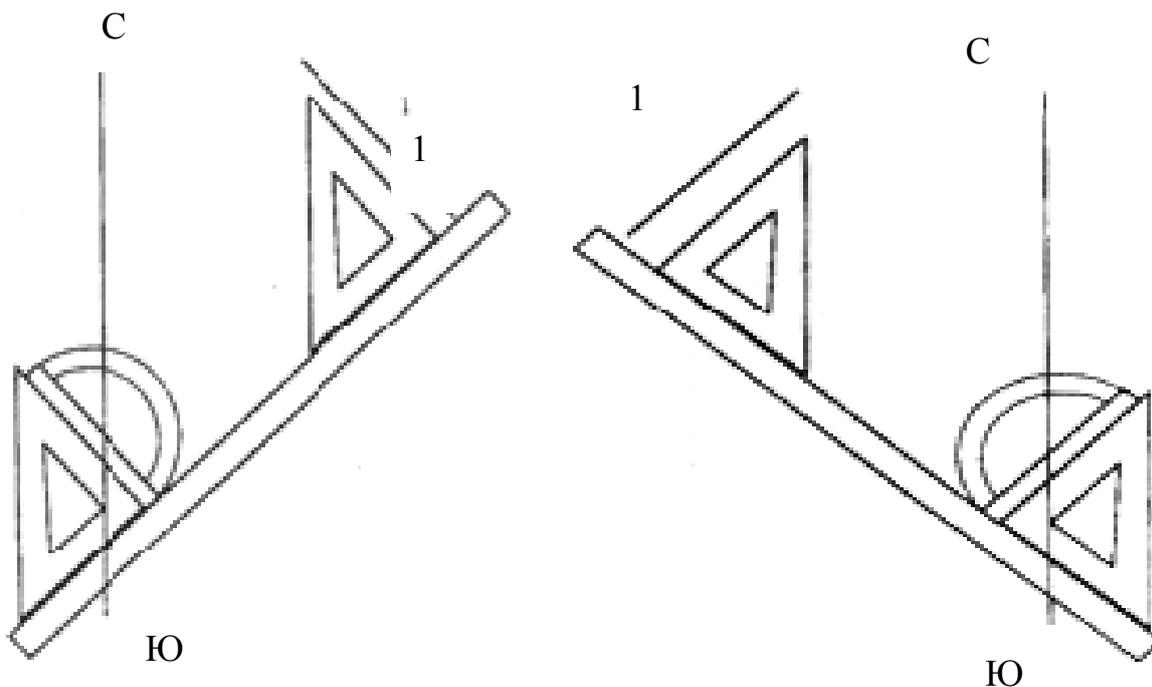


Рис. 3. Примеры построения румбов:

а) для северо-западных и юго-восточных направлений;

б) для северо-восточных и юго-западных направлений

Задача 6. Составьте план по прямоугольным координатам.

(Обработка журнала теодолитной съемки).

Перепишите исходные данные из табл. 7 в журнал съемки. Подсчитайте величины внутренних углов по приведенным в табл. 7 отсчетам. Каждый угол измеряли дважды: при вертикальном круге справа (КП) и при круге слева (КЛ). Расхождение допустимо до 2'. Вычитая из отсчета на заднюю (по ходу съемки) точку отсчет на переднюю, получите величину внутреннего угла. Из двух измерений выведите среднюю величину. Пример записи смотрите на 3-й точке. Вычисления углов запишите в тетради.

Начертите схему теодолитного хода в масштабе 1:5000 при помощи транспортира и линейки. Запишите на схеме результаты угловых и линейных измерений. Привязанный ход смотрите на абрисе (рис. 4).

Таблица 7

Журнал теодолитной съемки

Номер точки состояния прибора	Положения вертик. круга	Номер точки визирования	Отсчет по гориз. кругу		Величина угла		Средняя величина угла		Длина линии, м			Угол наклона линии местности
			Градусы	Минуты	Градусы	Минуты	Градусы	Минуты	Номера точек	В прямом и обратном направлениях	Средний результат	
1	КП	5	274	52					1-2	382,40		0°
		2	149	37						382,42		
	КЛ	5	108	13								
		2	342	58								
2	КП	1	35	52					2-3	550,29		0°
		3	295	44						550,33		
	КЛ	1	128	16								
		3	28	8								
3	КП	2	207	6	82	54	82	55	3-4	448,42		0°
		4	124	12						448,46		
	КЛ	2	27	10	82	56						
		4	304	14								
4	КП	3	128	35					4-5	430,72		3°
		5	22	15						430,74		
	КЛ	3	217	41								
		5	111	20								
5	КП	4	4	16					5-1	196,19		6°
		1	238	52						196,19		
	КЛ	4	351	26								
		1	226	3								

Обработка ведомости вычисления координат (табл. 8).

Определите исходный дирекционный угол опорной линии между геодезическими пунктами 11 и 12 для своего варианта. Для этого прибавьте последние две цифры шифра к градусам числа $142^{\circ}29'$. Например, для 23-го варианта исходный дирекционный угол равен $142^{\circ}29' + 23^{\circ} = 165^{\circ}29'$. Запишите исходный дирекционный угол между точками 11 и 12 в графу 5 ведомости вычисления координат.

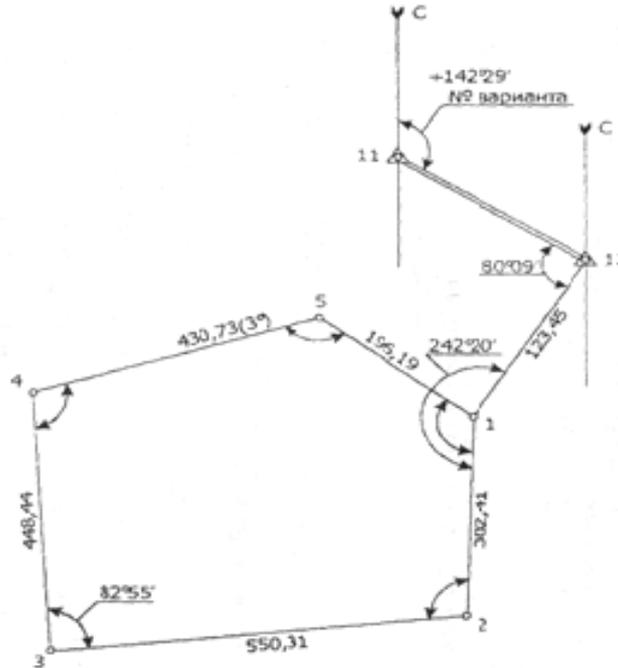


Рис. 4. Абрис теодолитного хода

Запишите в графы 15 и 16 ведомости исходные координаты геодезического пункта 12: $X_{12} = +185,80$ м, $Y_{12} = +149,60$ м.

Запишите горизонтальное проложение привязочного хода между точками 12 и 1, равное 123,45 м, в графу 8 ведомости.

Запишите величины углов привязочного хода $\beta_{12} = 80^{\circ}09'$ и $\beta_1 = 242^{\circ}20'$ в графу 4 ведомости.

Перепишите величины углов основного хода из обработанного вами журнала теодолитной съемки в графу 2 ведомости.

Определите горизонтальные приложения для основного хода по данным журнала теодолитной съемки и запишите их в графу 8 ведомости.

Порядок обработки ведомости вычисления координат и пример записи расчетов проследите на следующем примере. Схему теодолитного хода с привязкой смотрите на рис. 5, а теодолитной съемки – на рис. 6. Исходные данные и результаты обработки записаны в табл. 8.

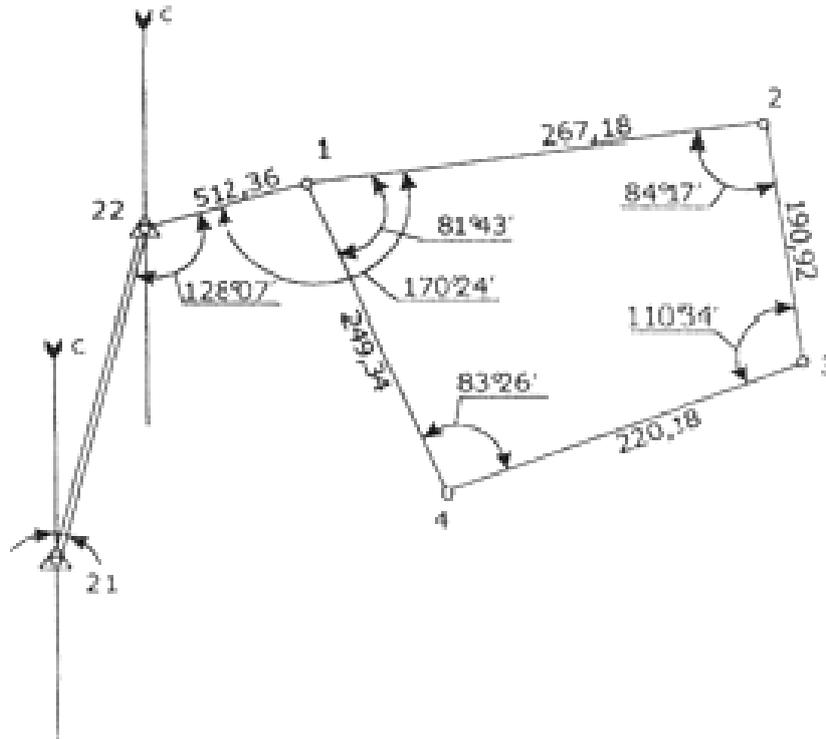


Рис. 5. Схема теодолитного хода

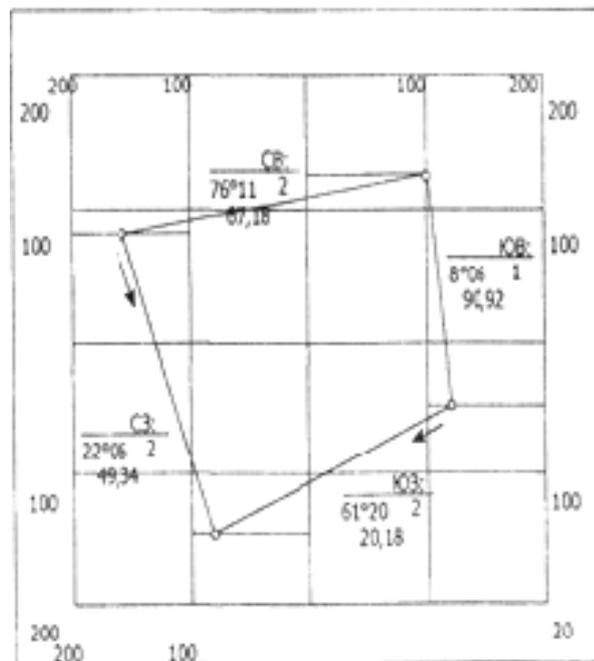


Рис. 6. План теодолитной съемки

Ведомость вычисления координат

№ точки	Углы местности			Дирекционный угол (азимут)	Румб		Приращения координат						Координаты		№ точки	
	измеренные	Поправка	исправленные		назв. румба	градусы и минуты	вычисленные			исправленные			X	Y		
							горизонт пролож. линий	ΔX	Поправка	ΔY	Поправка	ΔX				ΔY
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Привязочный ход от геодезического пункта 22 к точке 1 замкнутого хода																
21				114°42'	ЮВ											
22			128°07'	66°35'	СВ	66°35'	512,36							-128,71	-630,33	22
1			170°24'	76°11'	СВ	76°11'						+203,62	+470,16	+74,91	-160,17	1
2																2
Основной замкнутый ход																
1	81°43'		81°43'	76°11'	СВ	76°11'	267,18	+63,81	-0,06	+259,45	+0,19	+63,75	+259,64	+74,91	-160,17	1
2	84°16,5'	+0,5'	84°17'	171°54'	ЮВ	8°06'	190,92	-189,01	-0,04	+26,90	+0,13	-189,05	+27,03	+138,66	+99,47	2
3	110°34'		110°34'	241°20'	ЮЗ	61°20'	220,18	-105,62	-0,05	-193,19	+0,15	-105,67	-193,04	-50,39	+126,50	3
4	83°25,5'	+0,5'	83°26'	337°54'	СЗ	22°06'	249,34	+231,02	-0,05	-93,81	+0,18	+230,97	-93,63	-156,06	-66,54	4
1				921,62				+0,20	-0,20	-0,65	+0,65	0,00	0,00	+74,91	-160,17	1

Сумма
359°59' +1' 360°00'

Абсолютная невязка: 0,68 м.
Относительная невязка: 1/1400.

Пример. Обработка ведомости вычисления координат

1. Вычисление угловой невязки и увязка углов. Сумма измеренных углов полигона $\Sigma\beta_{\text{изм}} = 359^{\circ}59'$.

Теоретическая сумма углов полигона $\Sigma\beta_{\text{теор}} = 180^{\circ} (4 - 2) = 360^{\circ}$.

Угловая невязка $f_{\beta} = 359^{\circ}59' - 360^{\circ} = -1'$.

Допустимая угловая невязка $f_{\beta \text{ доп}} = \pm 1,5\sqrt{4} = \pm 3'$.

Угловая невязка допустима, так как $f < 3'$. Распределяем невязку с обратным знаком. Сумма исправленных углов равна теоретической, т.е. 360° .

2. Вычисление дирекционных углов и румбов:

а) вычисляем дирекционные углы привязочного хода.

$\alpha_{21, 22} = 14^{\circ}42'$ — исходный дирекционный угол между геодезическими пунктами 21 и 22.

$$\alpha_{22,1} = 14^{\circ}42' + 180^{\circ} - 128^{\circ}07' = 66^{\circ}35',$$

$$\alpha_{1,2} = 66^{\circ}35' + 180^{\circ} - 170^{\circ}24' = 76^{\circ}11';$$

б) вычисляем дирекционные углы основного замкнутого хода.
 $\alpha_{1,2} = 76^{\circ}11'$ — исходный дирекционный угол между точками 1 и 2 основного полигона.

$$\alpha_{2,3} = 76^{\circ}11' + 180^{\circ} - 84^{\circ}17' = 171^{\circ}54',$$

$$\alpha_{3,4} = 171^{\circ}54' + 180^{\circ} - 110^{\circ}34' - 241^{\circ}20',$$

$$\alpha_{4,1} = 241^{\circ}20' + 180^{\circ} - 83^{\circ}26' = 337^{\circ}54',$$

$$\alpha_{1,2} = 337^{\circ}54' + 180^{\circ} - 81^{\circ}43' = 436^{\circ}11' - 360^{\circ} - 76^{\circ}11'.$$

(Проверка)

$$\beta_{22,1} = \alpha_{22,1} = \text{СВ: } 66^{\circ}35',$$

$$\beta_{1,2} = \alpha_{1,2} = \text{СВ: } 76^{\circ}11',$$

$$\beta_{2,3} = 180^{\circ} - 171^{\circ}54' = \text{ЮВ: } 8^{\circ}06',$$

$$\beta_{3,4} = 241^{\circ}20' - 180^{\circ} = \text{ЮЗ: } 61^{\circ}20',$$

$$\beta_{4,1} = 360^{\circ} - 337^{\circ}54' = \text{СЗ: } 22^{\circ}06'.$$

3. Вычисление горизонтальных проложений.

Формула вычисления: $l = L \cos S$ & I.

Горизонтальные проложения вычисляют для линий, если угол наклона превышает 2° :

$$l_{1,2} = 267,34 \cos 2^{\circ} = 267,34 \cdot 0,99939 = 267,18 \text{ м};$$

$$l_{2,3} = 192,35 \cos 7^{\circ} = 192,35 \cdot 0,99255 = 190,92 \text{ м}.$$

4. Вычисление приращений координат.

Формулы вычислений $\Delta X = l \cos \beta$ и $\Delta Y = l \sin \beta$:

а) вычисляем приращения координат:

$$\Delta X_{22-1} = 512,36 \cdot 0,39741 = +203,62 \text{ м},$$

$$\Delta Y_{22-1} = 512,36 \cdot 0,91764 = +470,16 \text{ м};$$

б) вычисляем приращения координат:

$$\Delta X_{1-2} = 267,18 \cdot 0,23882 = +63,81 \text{ м};$$

$$\Delta X_{2-3} = 190,92 \cdot 0,99002 = -189,01 \text{ м};$$

$$\Delta X_{3-4} = 220,8 \cdot 0,47971 = -105,62 \text{ м};$$

$$\Delta X_{4-1} = 249,34 \cdot 0,92653 = +231,02 \text{ м}$$

$$\begin{aligned}
 &+ 294,83 \text{ м} \\
 &- 294,63 \text{ м} \\
 &+ 0,20 \text{ м} \\
 \Delta Y_{1-2} &= 267,18 \cdot 0,97106 = +259,45 \text{ м}; \\
 \Delta Y_{2-3} &= 190,92 \cdot 0,14090 = + 26,90 \text{ м}; \\
 \Delta Y_{3-4} &= 220,1В \cdot 0,87743 = -193,19 \text{ м}; \\
 \Delta Y_{4-1} &= 249,34 \cdot 0,37622 = -93,81 \text{ м} \\
 &+ 286,35 \text{ м} \\
 &- 287,00 \text{ м} \\
 &- 0,65 \text{ м}
 \end{aligned}$$

5. Оценка качества линейных измерений. В замкнутом ходе без ошибок $\Sigma \Delta X = 0$ и $\Sigma \Delta Y = 0$. У нас $\Sigma \Delta X = +0,20$ м, а $\Sigma \Delta Y = -0,65$ м. Вычисляем абсолютную линейную невязку:

$$f_{\text{абс}} = \sqrt{0,20^2 + 0,65^2} = 0,68 \text{ м.}$$

Вычисляем относительную невязку:

$$f_{\text{отн}} = 0,68/927,62 \cdot 1/1400.$$

Линейная невязка допустима для хода 2-го разряда, так как $1/1400 < 1/1000$. Можно продолжать расчеты.

6. Распределение невязки в приращениях координат.

Так как невязки в приращениях координат допустимы, распределяем их пропорционально длинам сторон (графе 8) с обратным знаком. Для облегчения расчета можно стороны выразить в сотнях метров. Периметр равен $927,62 \text{ м} = 9,3$ сотни метров.

По оси X:

$$\begin{aligned}
 f_{1-2} &= 0,20 : 0,3 \cdot 2,7 = 0,06 \text{ м}, \\
 f_{2-3} &= 0,20 : 9,3 \cdot 1,9 = 0,04 \text{ м}, \\
 f_{3-4} &= 0,20 : 9,3 \cdot 2,2 = 0,05 \text{ м}, \\
 f_{4-1} &= 0,20 : 9,3 \cdot 2,5 = 0,05 \text{ м} \\
 &0,20 \text{ м}
 \end{aligned}$$

По оси Y:

$$\begin{aligned}
 f_{1-2} &= 0,65 : 9,3 \cdot 2,7 = 0,19 \text{ м}, \\
 f_{2-3} &= 0,65 : 9,3 \cdot 1,9 = 0,13 \text{ м}, \\
 f_{3-4} &= 0,65 : 9,3 \cdot 2,2 = 0,15 \text{ м}, \\
 f_{4-1} &= 0,65 : 9,3 \cdot 2,5 = 0,18 \text{ м} \\
 &0,65 \text{ м}
 \end{aligned}$$

Вычисляем исправленные приращения координат:

$$\begin{aligned}
 \Delta X_{1-2} &= +63,81 - 0,06 = +63,75 \text{ м}, \\
 \Delta X_{2-3} &= -189,01 - 0,04 = -189,05 \text{ м}, \\
 \Delta X_{3-4} &= -105,62 - 0,05 = -105,67 \text{ м},
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta X_{4-1} &= +231,02 - 0,05 = +230,97 \text{ м} \\ &\quad +294,72 \text{ м} \\ &\quad -294,72 \\ &\quad 0,00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta Y_{1-2} &= +259,45 + 0,19 = +259,64 \text{ м}, \\ \Delta Y_{2-3} &= +26,90 + 0,13 = 27,03 \text{ м}, \\ \Delta Y_{3-4} &= -193,19 + 0,15 = -193,04 \text{ м}, \\ \Delta Y_{4-1} &= -93,81 + 0,18 = -93,63 \text{ м} \\ &\quad +286,67 \text{ м} \\ &\quad -286,67 \text{ м} \\ &\quad 0,00 \end{aligned}$$

Сумма исправленных приращений координат по каждой оси равна нулю, значит распределение выполнено верно.

7. Вычисление прямоугольных координат.

Координаты геодезического пункта 22:

$$X_{22} = -128,71 \text{ м},$$

$$Y_{22} = -630,33 \text{ м},$$

$$X_1 = -128,71 + 203,62 = +74,91 \text{ м},$$

$$X_2 = +74,91 + 63,75 = +138,66 \text{ м},$$

$$X_3 = +138,66 - 189,05 = -50,39 \text{ м},$$

$$X_4 = -50,39 - 105,67 = -156,06 \text{ м},$$

$$X_1 = -156,06 + 230,97 = +74,91 \text{ м}.$$

(Проверка)

$$Y_1 = -630,33 + 470,16 = -160,17 \text{ м},$$

$$Y_2 = -160,17 + 259,64 = +99,47 \text{ м},$$

$$Y_3 = +99,47 + 27,03 = +126,50 \text{ м},$$

$$Y_4 = +126,50 - 193,04 = -66,54 \text{ м},$$

$$Y_1 = -66,54 - 93,63 = -160,17 \text{ м}.$$

(Проверка)

Составление плана

Составьте план теодолитной съемки по вычисленным вами прямоугольным координатам на чертежной бумаге формата А4 (297×210) в масштабе 1:5000. Размер координатной сетки 16×16 см со стороной квадратов 4 см. На рис. 5 изображен план обработанного в примере теодолитного хода, а на рис. 6 – план теодолитной съемки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Геодезия / А.Г. Юнусов, А.Б. Беликов, В.Н. Баранов [и др.]. – М.: Академический Проект; Гаудеамус, 2011.
2. Геодезия / Е.В. Золотова, Р.Н. Скогорева. – М.: Академический Проект; Трикста, 2011.
3. Киселев М.И. Геодезия / М.И. Киселев, Д.Ш. Михалев. – М.: Издательский центр «Академия», 2004.
4. Усова Н.В. Геодезия / Н.В. Усова. – М.: Архитектура – С, 2009.