

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

О. В. Кравченко
С. В. Ковалевский

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДЕЗИЯ. ТЕОДОЛИТНАЯ И БУССОЛЬНАЯ СЪЕМКИ

Лабораторный практикум

*Рекомендовано
учебно-методическим объединением по образованию
в области природопользования и лесного хозяйства
в качестве учебно-методического пособия
для студентов учреждений высшего образования
по специальностям 1-75 01 01 «Лесное хозяйство»,
1-75 02 01 «Садово-парковое строительство»*

Минск 2014

УДК 528.48+528.42](076.5)
ББК 26.1я73
К78

Р е ц е н з е н т ы :
кафедра геодезии и картографии БГУ
(кандидат географических наук,
доцент, заведующий кафедрой *А. П. Романкевич*);
кандидат сельскохозяйственных наук, начальник
отдела лесного хозяйства и лесовосстановления
Гродненского ГПЛХО *А. А. Буй*

Все права на данное издание защищены. Воспроизведение всей книги или ее части не может быть осуществлено без разрешения учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет».

Кравченко, О. В.

К78 Инженерная геодезия. Теодолитная и буссольная съемки. Лабораторный практикум : учеб.-метод. пособие для студентов специальностей 1-75 01 01 «Лесное хозяйство», 1-75 02 01 «Садово-парковое строительство» / О. В. Кравченко, С. В. Ковалевский. – Минск : БГТУ, 2014. – 67 с.
ISBN 978-985-530-333-7.

Приведены методические указания по изучению технических теодолитов и буссолей, камеральной обработке материалов теодолитной и буссольной съемок, определению площадей участков местности, а также задания для выполнения соответствующих лабораторных работ и контрольные вопросы.

**УДК 528.48+528.42](076.5)
ББК 26.1я73**

ISBN 978-985-530-333-7

© УО «Белорусский государственный
технологический университет», 2014
© Кравченко О. В., Ковалевский С. В., 2014

ПРЕДИСЛОВИЕ

В практике лесного хозяйства приходится достаточно часто решать задачи построения планов местности. При этом используются различные методы наземной геодезической съемки. Основными угломерными приборами, применяемыми для таких видов работ, остаются теодолит и буссоль.

В связи с этим в программу дисциплины «Инженерная геодезия» для студентов лесохозяйственного факультета включены вопросы изучения устройства и поверок теодолитов и буссолей, состава полевых и камеральных работ при теодолитной и буссольной съемках местности.

Настоящее учебно-методическое пособие содержит пять разделов.

1. Измерение горизонтальных и вертикальных углов.
2. Теодолитная съемка.
3. Определение площадей участков.
4. Измерение магнитных азимутов и румбов.
5. Буссольная съемка.

В процессе выполнения лабораторных работ по первому разделу студенты изучают устройство, поверки, юстировки технических теодолитов Т30 и 2Т30, приобретают навыки измерения горизонтальных и вертикальных углов и расстояний по нитяному дальномеру на местности.

Во втором разделе каждый студент в соответствии со своим вариантом выполняет вычислительную обработку материалов теодолитной съемки, по результатам которой составляет лесостроительный планшет.

В процессе выполнения лабораторных работ третьего раздела, студенты определяют площади отдельных участков на лесостроительном планшете различными способами и уравнивают их.

Целью четвертого раздела данного пособия является изучение устройства буссолей БГ-1 и АР-1, выполнение их поверок и измерение магнитных азимутов и румбов направлений.

В пятом разделе студенты ведут вычислительную обработку материалов буссольной съемки и строят план участка.

По результатам выполнения лабораторных работ каждый студент готовит соответствующие отчеты, прикладывает к ним необходимые ведомости, схемы и планы, которые подлежат защите.

1. ИЗМЕРЕНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ И ВЕРТИКАЛЬНЫХ УГЛОВ

Измерение горизонтальных и вертикальных углов является одним из главных видов комплекса геодезических измерений, выполняемых при создании съемочного обоснования, топографических съемках, перенесении на местность проектов инженерных сооружений, отводе лесосек.

Цели данного раздела лабораторного практикума:

- изучить устройство технических теодолитов ТЗ0, 2ТЗ0, 2ТЗ0П;
- научиться приводить теодолит в рабочее положение, визировать на точки и снимать отсчеты по горизонтальному и вертикальному кругам;

- изучить и выполнить поверки теодолита;
- измерить горизонтальный, вертикальный углы, расстояния по дальномерным нитям.

К отчету о выполнении лабораторных работ прилагают:

- схему отсчетов по штриховому и шкаловому микроскопам;
- результаты выполнения поверок;
- журналы измерения углов (горизонтального и вертикального);
- журнал измерения расстояний по дальномерным нитям.

Лабораторная работа № 1 ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА ТЕОДОЛИТОВ

Основное назначение теодолитов – измерение горизонтальных и вертикальных углов, расстояний по нитяному дальномеру.

1.1. Классификация теодолитов по их точности

В соответствии с ГОСТом теодолиты подразделяются на следующие группы:

- высокоточные Т1 ($m_{\beta}^1 \leq 1''$);
- точные Т2, Т5 ($2'' \leq m_{\beta} \leq 5''$);
- технические Т15, Т30 ($10'' \leq m_{\beta} \leq 30''$).

Теодолиты имеют четыре модификации:

- К – наличие компенсатора;
- П – наличие прямого изображения;
- М – приспособление для маркшейдерии;
- А – наличие автоколлиматора.

В соответствии с этими модификациями выпускаются теодолиты: Т1А, Т2А, 2Т2, 3Т2КП, 3Т2КА, Т5А, Т5К, 2Т5К, 3Т5КП, Т15М, Т30М, Т15К, Т30К, 2Т30КП.

Литера Т означает название прибора – теодолит. Числа 5, 15, 30 и другие характеризуют точность измерения угла одним приемом (в секундах).

В связи с совершенствованием конструкций теодолитов различают их поколения, которые обозначаются цифрой перед маркой. Например, если теодолит имеет марку 2Т30КП, то это означает:

2 – второе поколение выпуска;

Т30 – теодолит технический с точностью измерения угла одним приемом 30";

К – наличие компенсатора в приборе;

П – наличие прямого изображения в приборе.

Выполнение данной лабораторной работы ориентировано в основном на изучение теодолитов типа Т30, 2Т30П.

1.2. Устройство теодолитов

Устройство теодолита основано на принципе измерения горизонтального угла (рис. 1.1).

При геодезических работах измеряют не угол между сторонами, а его ортогональную (горизонтальную) проекцию, называемую горизонтальным углом. Так, для измерения угла BAC (рис. 1.1) нужно предварительно спроектировать на горизонтальную плоскость точки B , A , C и измерить горизонтальный угол $bac = \beta$.

Из рис. 1.1 видно, что искомый угол β – это двугранный угол, образованный проецирующими плоскостями Q и T , то есть плоский угол, лежащий в плоскости H , перпендикулярной граням угла.

¹ m_{β} – средняя квадратическая погрешность измерения угла.

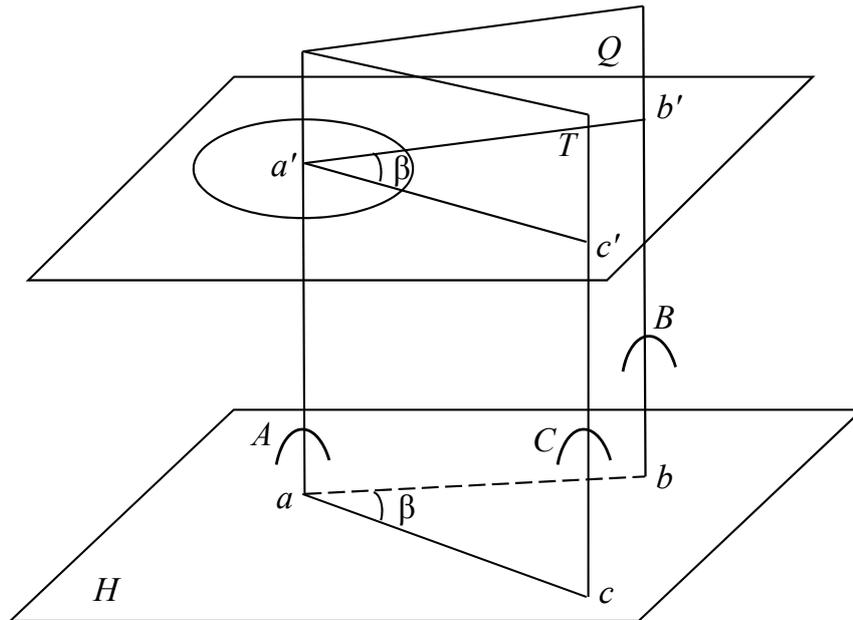


Рис. 1.1. Принцип измерения горизонтального угла

Для того чтобы измерить угол β , достаточно установить угломерный круг так, чтобы его центр находился на ребре двугранного угла, а плоскость была горизонтальна.

Угол β равен углу $b'a'c'$; он вычисляется по разности отсчетов c' и b' на угломерном круге:

$$\beta = c' - b'.$$

Отсчет b' получается в точке пересечения шкалы угломерного круга плоскостью Q , отсчет c' – в точке пересечения шкалы плоскостью T .

Согласно принципу измерения горизонтального угла и угла наклона, выделяются следующие основные части теодолита (рис. 1.2):

горизонтальный круг 1, который состоит из *лимба* – угломерного круга с делениями от 0 до 360° , неподвижного во время измерения угла, и *алидады* – подвижной части теодолита, представляющей собой круг с нанесенным на нем отсчетным устройством в виде штриха или шкалы, при помощи которого производится отсчет по лимбу;

цилиндрический уровень 2, по которому лимб приводится в горизонтальное положение;

зрительная труба 3 для наведения теодолита на точки; состоит из объектива 4, окуляра 5, сетки нитей и фокусирующего устройства с кремальерой 6. Для получения резкого изображения предмета вращают кремальеру зрительной трубы, а для установления четкого изображения сетки нитей – окуляр;

вертикальный круг 7, состоящий из лимба, неподвижно скрепленного с осью вращения зрительной трубы, и алидады;

цилиндрический уровень при вертикальном круге 8, по которому задается горизонтальная линия;

подставка 9 с тремя подъемными винтами 10 – для приведения теодолита в рабочее положение;

закрепительные и наводящие винты вращающихся частей теодолита: лимба 11, алидады 12, 13, трубы 14, 15.

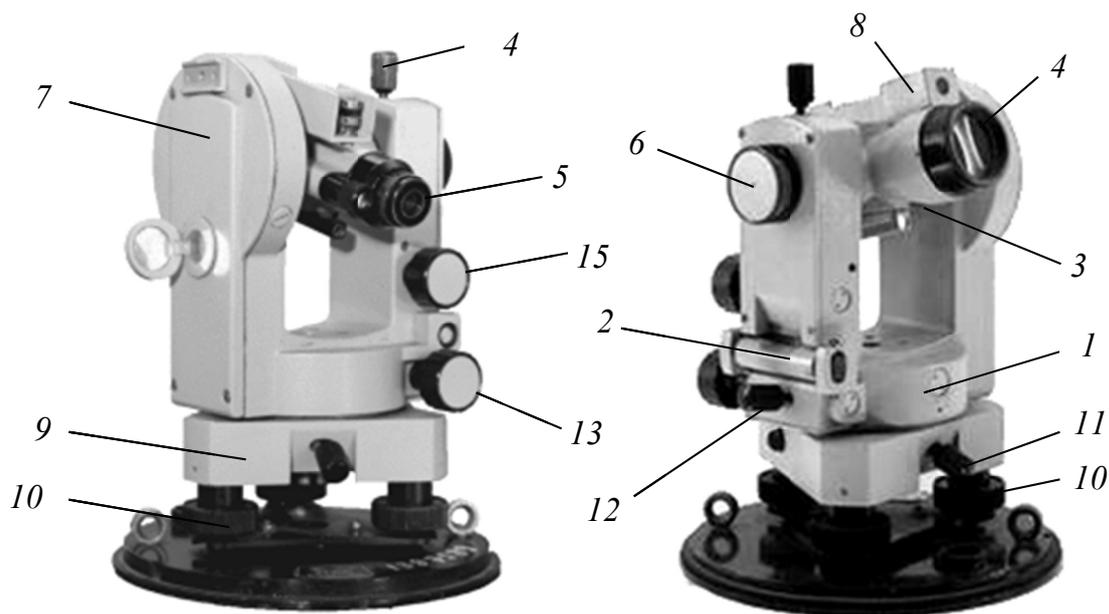


Рис. 1.2. Теодолит 2Т30:

- 1 – горизонтальный круг; 2 – цилиндрический уровень;
- 3 – зрительная труба; 4 – объектив; 5 – окуляр; 6 – кремальера;
- 7 – вертикальный круг; 8 – цилиндрический уровень при вертикальном круге;
- 9 – подставка; 10 – подъемные винты;
- 11, 12, 14 – закрепительные винты; 13, 15 – наводящие винты

Закрепительные винты называют также зажимными и стопорными, а наводящие – микрометренными.

На рис. 1.2 показан теодолит 2Т30, отличающийся от теодолита Т30 лишь наличием уровня 8 при трубе и шкалового микроскопа.

Стороны измеряемого угла проектируются на плоскость лимба подвижной вертикальной плоскостью, которая называется коллимационной. Коллимационная плоскость образуется визирной осью зрительной трубы при вращении ее вокруг горизонтальной оси.

В теодолитах различают три разных вращения: зрительной трубы, алидады и лимба. При этом вращения трубы и алидады снабжаются

двумя винтами каждое – зажимным и наводящим. Вращение лимба производится по-разному. В теодолите Т30 (2Т30 и т. п.) для этого имеются два винта: зажимной и наводящий, причем они работают только при зажатом винте алидады. В точных и высокоточных теодолитах вращение (перестановка) лимба выполняется специальным бесконечным винтом.

Вращение алидадной части и лимба вокруг вертикальной оси обеспечивает система осей теодолита (рис. 1.3):

- *вертикальная ось* (ось вращения алидады) ZZ_1 – главная ось прибора, отвесная линия, проходящая через центр алидады (вершину угла);
- *ось цилиндрического уровня* UU_1 – касательная к внутренней поверхности ампулы в точке нуль-пункт;
- *визирная ось зрительной трубы* VV_1 – линия, проходящая через перекрестие сетки нитей и оптический центр объектива;
- *ось вращения зрительной трубы* HH_1 .

Руководствуясь рис. 1.2 и 1.3, необходимо найти на соответствующих приборах все их составные части и отметить особенности устройства теодолитов.

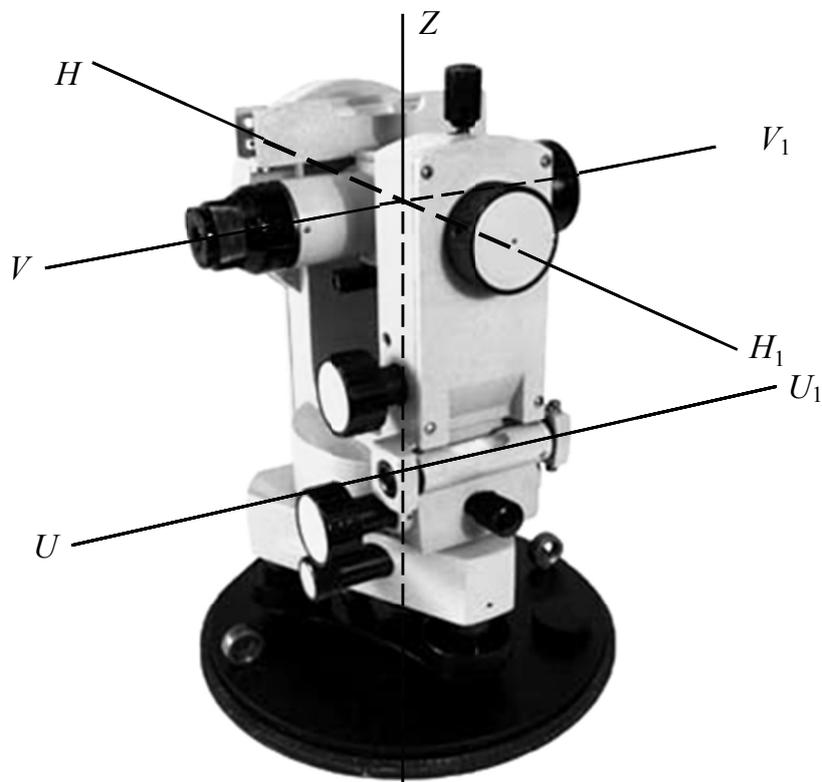


Рис. 1.3. Система осей теодолита

1.3. Отсчетные приспособления теодолитов

Оптические отсчетные приспособления рассмотрим на примере угловой шкалы, расположенной на окружности; такая шкала называется *угломерным кругом* или *лимбом*.

Ценой деления лимба λ называют центральный угол, стягиваемый дугой в одно деление, или градусную величину одного деления лимба. В практике встречаются лимбы с ценой деления 1° , $20'$, $10'$ и $5'$.

Отсчеты по лимбу производятся при помощи *штриха* или *шкалы*. Роль отсчетного индекса при отсчете по лимбу могут выполнять одиночный штрих, нулевой штрих шкалы отсчетного приспособления, штрих шкалы лимба.

Существует несколько видов отсчетных приспособлений. Необходимо изучить следующие: штриховой микроскоп, применяемый в теодолитах Т30, и шкаловой микроскоп в теодолитах 2Т30.

Штриховой микроскоп. Отсчетным индексом в штриховом микроскопе является неподвижный штрих, выгравированный на стеклянной пластине (алидаде). Отсчетное приспособление через систему призм и линз выводит в окуляр изображения градусных делений горизонтального и вертикального кругов.

Вид поля зрения штрихового микроскопа показан на рис. 1.4.

Цена деления лимба в теодолите Т30 составляет $10'$. Отсчет снимают следующим образом: считывают число градусов, стоящее левее отсчетного штриха, после этого подсчитывают количество делений от этого градусного деления до штриха. В данном случае отсчет по горизонтальному кругу равен $17^\circ 30'$, по вертикальному – $45^\circ 21'$.

Шкаловой микроскоп. На пути хода лучей от осветительного окошка через штрихи лимба в поле зрения микроскопа помещена стеклянная пластинка с гравированной шкалой. Длина шкалы равна длине одного деления лимба λ ; шкала разделена на n равных частей, цена одного деления обозначается буквой μ и равна

$$\mu = \lambda / n .$$

Вид поля зрения шкалового микроскопа показан на рис. 1.5. В поле

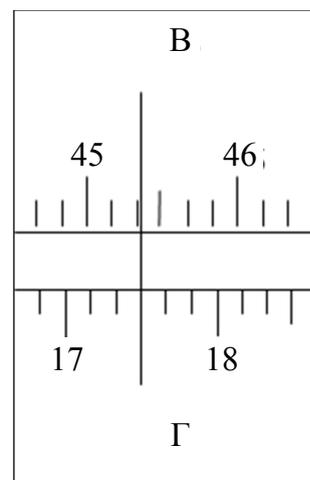


Рис. 1.4. Штриховая система отсчетов

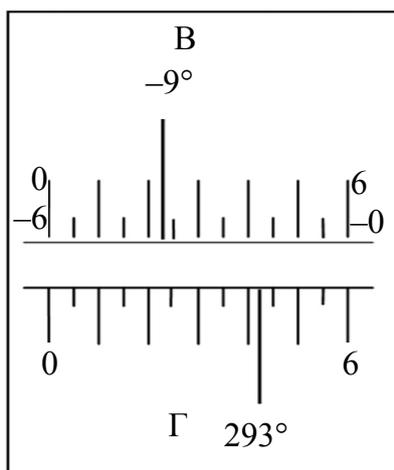


Рис. 1.5. Шкаловая система отсчетов

зрения шкалового микроскопа теодолита 2Т30 цена деления лимба составляет 1° , отсчетной шкалы – $5'$.

Отсчет снимают следующим образом: вначале определяют градусное деление, перекрываемое шкалой, после этого с точностью до $1'$ снимают отсчет минут по шкале. В данном примере отсчет по горизонтальному кругу равен $293^\circ 42'$, по вертикальному кругу – $9^\circ 37'$.

При отсчитывании по вертикальному кругу следует отличать отрицательные деления шкалы от положительных.

В приведенном примере положительные возрастают слева направо, а отрицательные – наоборот.

Необходимо ознакомиться с отсчетными приспособлениями теодолитов, снять отсчеты по шкаловому и штриховому микроскопам теодолитов Т30 и 2Т30, представить схему отсчетов в отчете к лабораторной работе.

1.4. Общий осмотр и опробование теодолита

В процессе общего осмотра необходимо выявить повреждения механических и оптических деталей, проверить четкость изображения, установку уровней и исправительных винтов, освещение отсчетной системы. Проверить удобство и правильность укладки прибора в упаковочный ящик. Осмотреть замки ящика и приспособления для его переноски, а также проверить маркировку теодолита и упаковки.

Затем необходимо оценить работоспособность подвижных частей теодолита. При этом путем опробования проверить работу подъемных, зажимных и наводящих винтов, выявить их люфты и плавность хода, деформации, изломы.

Проверить работоспособность фокусирующей системы объектива и окуляра трубы, отсчетного приспособления и оптического центрира (если им надо пользоваться), а также устойчивость штатива (при необходимости подтянуть винты его головки и крепежные винты).

Не прилагать значительных усилий к вращающимся частям теодолита!

1.5. Приведение прибора в рабочее положение

Перед измерением угла необходимо привести теодолит в рабочее положение, то есть выполнить три операции: центрирование, горизонтирование и установку зрительной трубы.

Центрирование теодолита – это установка оси вращения алидады над вершиной измеряемого угла.

Центрирование выполняют с помощью нитяного отвеса или оптического центрира. Нитяной отвес крепится к крюку на станомом винте. После этого штатив располагают так, чтобы отвес проектировался на точку, над которой производится центрирование. Точность центрирования 1 см.

Горизонтирование теодолита – это установка оси вращения алидады в вертикальное положение. Операция выполняется с помощью подъемных винтов и уровня при алидаде горизонтального круга.

Горизонтирование производится следующим образом (рис. 1.6).

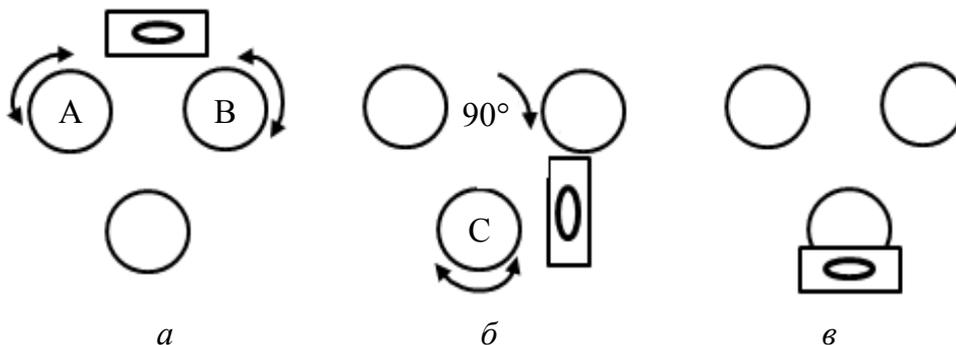


Рис. 1.6. Схема горизонтирования теодолита:

- а* – цилиндрический уровень находится по направлению двух подъемных винтов; *б* – уровень повернут на 90° ;
в – уровень повернут на 180°

Открепляют алидаду и ставят уровень по направлению двух подъемных винтов. Вращением этих винтов в разные стороны приводят пузырек уровня на середину (нуль-пункт) (рис. 1.6, *а*). После этого поворачивают алидаду на 90° и вращением третьего подъемного винта приводят пузырек уровня на середину (рис. 1.6, *б*). Затем поворачивают теодолит на 180° (рис. 1.6, *в*). Если пузырек остался на середине или сместился менее чем на одно-два деления в сторону, то вертикальная ось вращения теодолита приведена в отвесное положение.

Установка трубы производится по глазу и по предмету. Установка по глазу выполняется с помощью подвижного окулярного кольца (фокусирование сетки нитей). Установка по предмету выполняется путем вращения винта фокусировки трубы (кремальеры) на предмет.

Руководствуясь данным пунктом, нужно выполнить приведение теодолита в рабочее положение в аудиторных условиях.

Лабораторная работа № 2 ПОВЕРКИ И ЮСТИРОВКИ ТЕОДОЛИТОВ

Поверками теодолита называют действия, имеющие целью выявить, выполнены ли геометрические условия, предъявляемые к инструменту.

Каждая поверка теодолита состоит из трех частей. Первая часть – геометрическое условие, которое выражает требование, предъявляемое к взаимному расположению осей теодолита. Вторая часть – проверка этого условия. Третья часть – исправление выявленных нарушений геометрического условия.

Поверка 1 (поверка установки цилиндрического уровня). Ось цилиндрического уровня должна быть перпендикулярна оси вращения прибора.

Теоретическое положение оси уровня и оси вращения прибора изображено на рис. 2.1, а. На нем UU_1 – ось цилиндрического уровня, ZZ_1 – ось вращения прибора, она вертикальна и составляет с осью уровня угол 90° . Пузырек уровня находится в нуль-пункте.

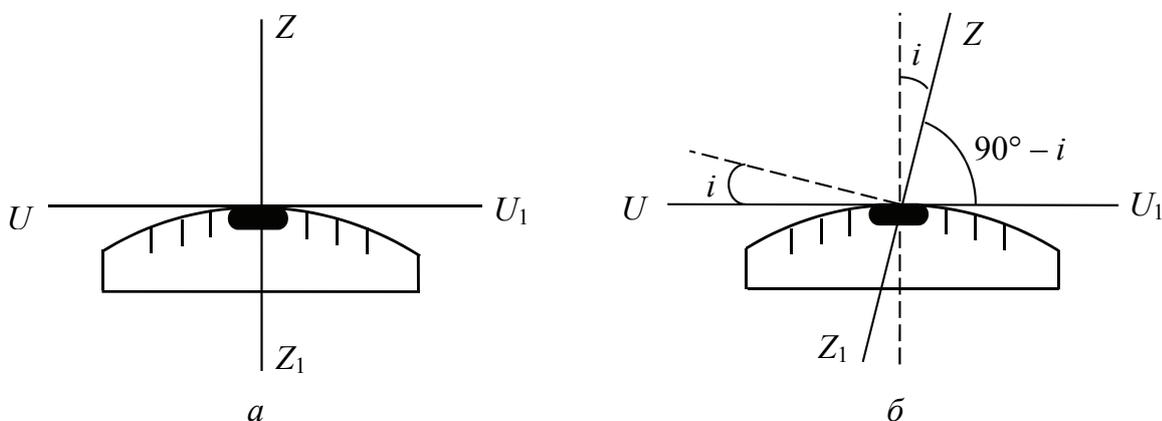


Рис. 2.1. Схема расположения осей теодолита при первой поверке:
а – теоретическое положение осей; б – практическое положение осей

Пусть угол между осью уровня и осью вращения прибора равен не точно 90° , а $(90^\circ - i)$ (рис. 2.1, б). Если установить прибор так, чтобы пузырек уровня был в нуль-пункте, то ось уровня UU_1 займет горизонтальное положение, а ось вращения прибора ZZ_1 будет наклонена на угол i относительно своего правильного положения. Задача поверки – найти угол i и устранить его.

Повернем прибор на 180° . Ось уровня опишет коническую поверхность с углом при вершине конуса $180^\circ - 2i$ и займет не горизонтальное положение, а наклонится относительно горизонта на угол $2i$. Пузырек отклонится от нуль-пункта на n делений.

Чтобы условие выполнялось, нужно, во-первых, изменить угол между осью уровня и осью вращения прибора на величину i и, во-вторых, наклонить прибор также на угол i . Практически поступают так: сначала подъемными винтами наклоняют прибор на угол i ; при этом пузырек должен приблизиться к нуль-пункту на половину отклонения. Затем, пользуясь исправительными винтами уровня, изменяют положение ампулы в корпусе прибора; при этом пузырек должен установиться точно в нуль-пункте.

Таким образом, последовательность действий при поверке установки уровня следующая:

- 1) вращая прибор, установить уровень параллельно двум подъемным винтам;
- 2) этими подъемными винтами привести пузырек уровня в нуль-пункт;
- 3) повернуть прибор точно на 180° ;
- 4) сосчитать количество делений n отклонения пузырька уровня от нуль-пункта;
- 5) если пузырек уровня отклонился от нуль-пункта не более чем на одно-два деления, то считается, что условие выполнено, в противном случае нужно выполнять юстировку;
- 6) подъемными винтами сместить пузырек обратно на $n / 2$ делений;
- 7) исправительными винтами уровня привести пузырек в нуль-пункт.

Если угол i большой, то после поворота прибора на 180° пузырек уходит за пределы шкалы и количество делений n сосчитать нельзя. В этом случае отклонение пузырька от нуль-пункта можно измерить в более крупных единицах, например в оборотах подъемных винтов, и исправлять уровень способом последовательных приближений.

Поверку выполняют до тех пор, пока не будет выполнено геометрическое условие. Результаты выполнения поверки цилиндрического уровня теодолита представить в отчете к лабораторной работе в виде табл. 2.1.

Таблица 2.1

Результаты поверки цилиндрического уровня теодолита

Номер определения	Число делений отклонения пузырька
1	3
2	1

Поверка 2. Визирная ось зрительной трубы VV_1 должна быть перпендикулярна к оси вращения трубы HH_1 (рис. 2.2, а).

Эта поверка выполняется с помощью отсчетов по горизонтальному кругу при наблюдении какой-либо визирной цели.

Если условие выполняется, то при вращении трубы вокруг своей оси визирная линия описывает плоскость, совпадающую с коллимационной плоскостью. Если угол между визирной линией трубы и осью ее вращения не равен точно 90° , то будет описываться коническая поверхность с углом при вершине конуса $180^\circ - 2C$, где C – угол между фактическим и теоретическим положениями визирной линии трубы. Угол C называется *коллимационной погрешностью* (рис. 2.2, б).

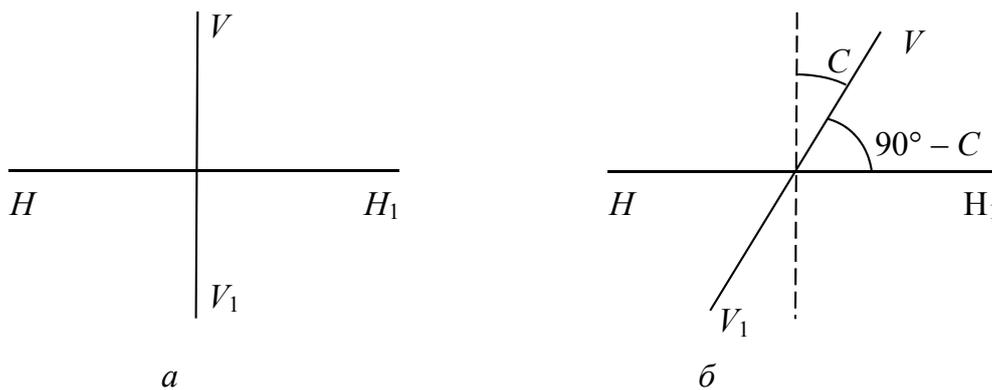


Рис. 2.2. Схема расположения осей теодолита при выполнении поверки 2:
а – теоретическое положение осей; б – фактическое положение осей

Порядок определения коллимационной погрешности:

- 1) ставят теодолит на штатив и горизонтируют его;
- 2) при положении вертикального круга теодолита справа от зрительной трубы (круг право КП) наводят зрительную трубу

прибора на хорошо видимую точку, расположенную на высоте прибора;

3) производят отсчет по лимбу горизонтального круга $КП_1$;

4) переводят зрительную трубу через зенит и при круге лево (КЛ) наводят трубу на ту же точку;

5) снимают отсчет по лимбу горизонтального круга $КЛ_1$;

6) вычисляют коллимационную погрешность по формуле

$$2C = КП_1 - (КЛ_1 \pm 180^\circ). \quad (2.1)$$

Если $2C < 2t$, где t – точность прибора, то считается, что геометрическое условие данной поверки выполнено². В противном случае необходимо делать исправление. Отметим, что формула (2.1) справедлива в том случае, когда отсутствует эксцентриситет алидады горизонтального круга. В общем случае $2C$ следует определять дважды.

При втором определении лимб необходимо переставлять примерно на 180° . Тогда

$$2C = \frac{КП_1 - (КЛ_1 \pm 180^\circ) + КП_2 - (КЛ_2 \pm 180^\circ)}{2}. \quad (2.2)$$

Это значение будет свободно от влияния эксцентриситета. Поэтому его берут для исправления прибора.

Если коллимационная погрешность больше двойной точности прибора, то производится юстировка одинаковым для большинства теодолитов способом.

Как следует из рис. 2.2, б, необходимо визирную ось повернуть на угол C , для чего сам теодолит поворачивают на этот угол. В результате отсчетное приспособление переместится в отсчет A_{cp} :

$$A_{cp} = КЛ + C, \quad (2.3)$$

или с учетом (2.1)

$$A_{cp} = \frac{КЛ + КП \pm 180^\circ}{2}. \quad (2.4)$$

Такого отсчета достигают путем вращения наводящего винта алидады. При этом труба сойдет с точки. Вращением горизонтальных исправительных винтов сетки нитей при ослабленных вертикальных перемещают перекрестие сетки обратно в точку. Результаты выполнения поверки необходимо записать в табл. 2.2.

² Если в формуле (2.1) $КЛ < 180^\circ$, то $2C = КП - (КЛ + 180^\circ)$.

Проверка визирной оси теодолита

Номер определения	КП	КЛ	2С	А _{ср}	2С _{ср}
1	6°10'	186°08'	+2'	186°09'	+2'
2	7°29'	187°27'	+2'	187°28'	
3	12°15'	192°14'	+1'		

Проверка 3. Ось вращения трубы HH_1 должна быть перпендикулярна к оси вращения алидады ZZ_1 .

Для проверки этого условия используют хорошо видимую и высоко расположенную точку M . Сначала наводят трубу на точку M при КЛ, а потом плавно опускают ее до горизонтального положения и отмечают точку m_1 , в которую проектируется точка M (рис. 2.3).

Затем переводят трубу через зенит, наводят ее на точку M при КП и снова проектируют точку на уровень горизонта теодолита; отмечают точку m_2 .

Если ось вращения трубы перпендикулярна оси вращения алидады, то проекция точки M оба раза попадет в точку m ; в противном случае точек будет две – m_1 и m_2 .

Положение, при котором один конец оси трубы выше другого, возникает, когда высота подставок трубы неодинакова; вследствие этого рассматриваемую проверку иногда называют проверкой неравенства подставок.

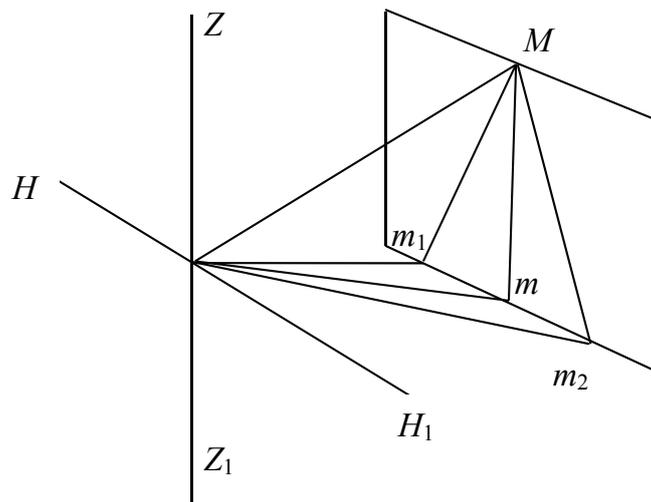


Рис. 2.3. Взаимное расположение осей при выполнении проверки 3

Выполнение рассматриваемого условия обеспечивается заводом или производится в мастерской, так как современные теодолиты не имеют соответствующих исправительных винтов.

Поверка 4 (поверка сетки нитей). Горизонтальная нить сетки нитей должна быть перпендикулярна оси вращения прибора, а вертикальная – параллельна ей при горизонтальном положении зрительной трубы.

Поверка этого условия выполняется последней. Наводят трубу на хорошо видимую точку и наводящим винтом смещают ее по высоте. Если при этом изображение точки остается на вертикальной нити сетки нитей, то условие выполняется. Если изображение точки сходит с вертикальной нити, нужно ослабить исправительные винты сетки нитей и развернуть ее в нужном направлении. После этого следует повторить поверку и снова определить коллимационную ошибку, так как при ослаблении и затягивании исправительных винтов сетки нитей ее центр мог сдвинуться в сторону.

Лабораторная работа № 3 **ИЗМЕРЕНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ** **И ВЕРТИКАЛЬНЫХ УГЛОВ,** **РАССТОЯНИЙ**

3.1. Измерение горизонтальных углов

Перед измерением угла необходимо привести теодолит в рабочее положение, то есть выполнить три операции: центрирование, горизонтирование и установку зрительной трубы.

Измерение горизонтальных углов выполняют способом полного приема.

Для измерения горизонтального угла β в точке 2 (рис. 3.1), в данном случае правого по ходу, после приведения теодолита в рабочее положение при КП наводят зрительную трубу на точку 1 местности. **При этом лимб должен быть закрепленным!**

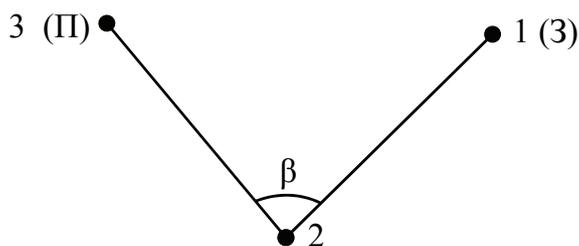


Рис. 3.1. Схема горизонтального угла

Наведение зрительной трубы на точку выполняют так. Открепив трубу и алидаду, наводят перекрестие оптического коллиматорного визира на точку. Изображение точки должно появиться в поле зрения трубы. Если оно не видно, то необходимо вращением кремальеры добиться четкого изображения предмета, а вращением окуляра установить четкое изображение сетки нитей.³ После этого, закрепив трубу и алидаду, наводящим винтом алидады, а потом и наводящим винтом трубы наводят перекрестие сетки нитей на заднюю точку 1. Если в точке визирования стоит веха, то перекрестие наводят на ее основание.

Снимают отсчет по горизонтальному кругу, например $321^{\circ}31'$ (табл. 3.1). После этого открепляют алидаду и трубу, наводят теодолит на переднюю точку 3. Снимают отсчет по горизонтальному кругу, например $220^{\circ}16'$. Разность отсчетов на точки 1 и 3 дает значение горизонтального угла, измеренного одним полуприемом. Оно равно $101^{\circ}15,5'$ (табл. 3.1).

Таблица 3.1

Журнал измерения горизонтального угла

Наблюдал Яшук О. С. Записывал Минин А. И.

Номер точки		Отсчеты по верньерам		Углы				Мера линии (1-е измерение, 2-е измерение)	Углы наклона
стояния	наблюдения	градусы	минуты	КП и КЛ		среднее			
				градусы	минуты	градусы	минуты		
	1	321	31						
	3	220	16						
2						101	15,5		
	1	166	41	101	16				
	3	65	25						

Прежде чем перейти к измерению угла при втором положении вертикального круга, необходимо лимб переставить на угол порядка 5° . Это делают в такой последовательности. Открепляют лимб и поворачивают теодолит (при закрепленной алидаде) в какую-либо сторону на угол, равный приблизительно 5° . Потом лимб закрепляют, открепляют алидаду и выполняют измерение угла повтором полуприема при КЛ в той же последовательности.

³ Эти действия повторяют 2–3 раза до одновременного появления четких изображений предмета и сетки.

Снимают отсчеты при наведении на точки 1 и 3, записывают в журнал (см. табл. 3.1) и вычисляют второе значение горизонтального угла – $101^{\circ}16'$. Расхождение между значениями угла, полученными в полуприемах, не должны превышать двойной точности прибора, то есть $2t = 1'$ для теодолита Т30 и аналогичных ему. При измерении левого по ходу угла теодолит следовало бы наводить вначале на точку 3, а потом – на 1.

Если расхождение допустимо, то вычисляют среднее значение угла. На этом заканчивают полный прием измерения.

3.2. Измерение вертикальных углов (углов наклона)

Порядок измерения углов наклона теодолитом Т30 следующий. Трубу наводят на точку 3 при положении вертикального круга, например, КЛ. Предварительно необходимо вывести в горизонтальное положение цилиндрический уровень при горизонтальном круге с помощью подъемных винтов. Снять отсчет КЛ по вертикальному кругу и записать его в журнал измерения углов (табл. 3.2), например $12^{\circ}31'$.

Таблица 3.2

Журнал измерения вертикального угла

Наблюдал Яшук О. С. Записывал Минин А. И.

Номер точки		Отсчеты по верньерам		Углы				Мера линии (1-е измерение, 2-е измерение)	Углы наклона
стояния	наблюдения	градусы	минуты	КП и КЛ		среднее			
				градусы	минуты	градусы	минуты		
КЛ	3	12	31					+12°32'	
2									
КП	3	167	27					+12°32'	

Поворачивают трубу через зенит и при втором положении круга наводят теодолит на ту же самую точку. Снимают отсчет по вертикальному кругу, например $167^{\circ}27'$. Вычисляют место нуля (МО):

$$МО = \frac{КЛ + КП - 180^{\circ}}{2} = \frac{12^{\circ}31' + 167^{\circ}27' - 180^{\circ}}{2} = -0^{\circ}01', \quad (3.1)$$

и дважды находят значение угла наклона:

$$v = \text{КЛ} - \text{МО} = 12^\circ 31' - (-0^\circ 01') = +12^\circ 32'; \quad (3.2)$$

$$v = \text{МО} + 180^\circ - \text{КП} = -0^\circ 01' + 180^\circ - 167^\circ 27' = +12^\circ 32'. \quad (3.3)$$

Полученные значения должны быть одинаковыми между собой. На этом заканчивается полный прием измерения вертикального угла.

Если вертикальный угол измеряют теодолитом 2Т30, то методика такая же, как и при измерении угла теодолитом Т30, но формулы вычислений другие. Так,

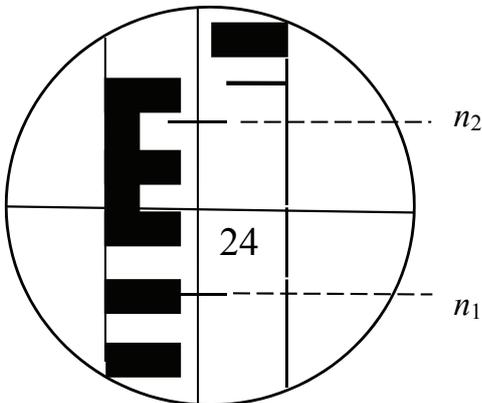
$$\text{МО} = \frac{\text{КП} + \text{КЛ}}{2}; \quad (3.4)$$

$$v = \text{МО} - \text{КП}; \quad (3.5)$$

$$v = \text{КЛ} - \text{МО}. \quad (3.6)$$

3.3. Измерение расстояний нитяным дальномером

Измерение проводят в следующем порядке. Наводят теодолит на нивелирную рейку так, чтобы труба занимала положение, примерно соответствующее наклону измеряемой линии. Снимают отсчеты по верхней n_1 и нижней n_2 дальномерным нитям. Расстояние вычисляют по формуле



$$D = (n_2 - n_1) \cdot 100 \text{ мм}. \quad (3.7)$$

На рис. 3.2 отсчет по нижней нити составляет $n_1 = 2436$ мм, по верхней $n_2 = 2488$ мм, тогда

$$D = (2488 - 2436) \cdot 100 = 52 \cdot 100 \text{ мм} = 5,2 \text{ м}.$$

Рис. 3.2. Измерение расстояний нитяным дальномером

Результаты измерения расстояний записать в табл. 3.3.

Таблица 3.3

Измерение расстояний нитяным дальномером

Точка стояния	Точка наведения	Отсчеты, мм		$n_2 - n_1$, мм	D , м
		n_1	n_2		
2	3	2436	2488	52	5,2

2. ТЕОДОЛИТНАЯ СЪЕМКА

Процесс полевых измерений, который производится в целях получения карт, планов, профилей, называется *съемкой*.

Теодолитная съемка является полевой работой, при выполнении которой сначала создается съемочная геодезическая сеть, а затем производится съемка подробностей (ситуации). Теодолитной она называется потому, что основным прибором, с помощью которого она выполняется, является теодолит.

Процесс теодолитной съемки складывается:

- 1) из осмотра местности (рекогносцировки);
- 2) закрепления точек на местности (все поворотные точки полигонов и ходов закрепляют на местности кольями, столбами и т. д.);
- 3) измерения линий и углов в полигонах и ходах;
- 4) съемки подробностей (ситуации).

Для измерения линий в полигонах и ходах применяют стальные ленты, рулетки, дальномеры и другие приборы, позволяющие измерять линии с относительной погрешностью не более $1/2000$.

Углы в теодолитных полигонах и ходах измеряют с помощью теодолитов с погрешностью не более $30''$.

Под *съемочным обоснованием* понимают систему точек местности, между которыми производятся измерения, достаточные для определения их взаимного положения в плане.

Съемочное обоснование теодолитной съемки создается в виде замкнутых или разомкнутых ходов. Замкнутый ход чаще всего прокладывается по границам землепользований, а диагональные (разомкнутые) – внутри землепользований.

Созданию съемочного обоснования предшествует осмотр местности после ее изучения на планах и картах. В процессе осмотра (рекогносцировки) выбирается положение точек съемочного обоснования таким образом, чтобы обеспечить их сохранность, удобство выполнения работ. Одна из вершин теодолитного хода принимается за начальную, смежные с ней вершины выбирают с таким расчетом,

чтобы было удобно выполнять угловые и линейные измерения, а также производить съемочные работы. Между смежными вершинами должна быть хорошая взаимная видимость и благоприятные условия для линейных измерений. Нумерация точек съемочного обоснования ведется по ходу часовой стрелки.

Длины линий в теодолитных ходах измеряются дважды, в прямом и обратном направлениях. Углы поворота измеряют обычно правые по ходу лежащие. Углы наклона линий измеряют с помощью вертикального круга теодолита.

При теодолитной съемке все результаты геодезических измерений записывают в геодезический журнал измерений углов, линий и абрис. Эти документы служат основанием для вычислительной обработки данных и построения плана.

Съемка контуров ситуации на местности выполняется относительно пунктов и сторон теодолитного хода съемочного обоснования одним из следующих методов:

- прямоугольных координат;
- полярных координат;
- угловых засечек;
- линейных засечек;
- обхода;
- створов.

Вычислительная обработка теодолитных ходов производится для получения координат точек этих ходов и складывается из следующих действий:

- обработка угловых измерений;
- вычисление дирекционных углов и румбов сторон;
- определение приращений и координат вершин теодолитного хода;
- построение плана участка теодолитной съемки.

Целью данного раздела лабораторного практикума является изучение технологии камеральных работ по обработке данных теодолитной съемки, вычисление горизонтальных углов и длин сторон теодолитного хода, определение координат пунктов теодолитного хода, составление плана лесоучастка (планшета) по данным абрисов съемки ситуации.

Вычисления выполняются с помощью инженерного калькулятора. Учебный лесохозяйственный планшет вычерчивается соответствующими условными знаками.

Лабораторная работа № 4 ВЫЧИСЛЕНИЕ ПЛАНОВЫХ КООРДИНАТ ВЕРШИН ТЕОДОЛИТНОГО ХОДА

На рис. 4.1 и 4.2 показаны схемы лесоучастка и теодолитного хода, который проложен по границам объекта и является плановым съёмочным обоснованием, которое опирается на исходные пункты геодезической опорной сети – межевые знаки $M1$ и $M2$ и пункты триангуляции – *Ельники*, *Соть*.

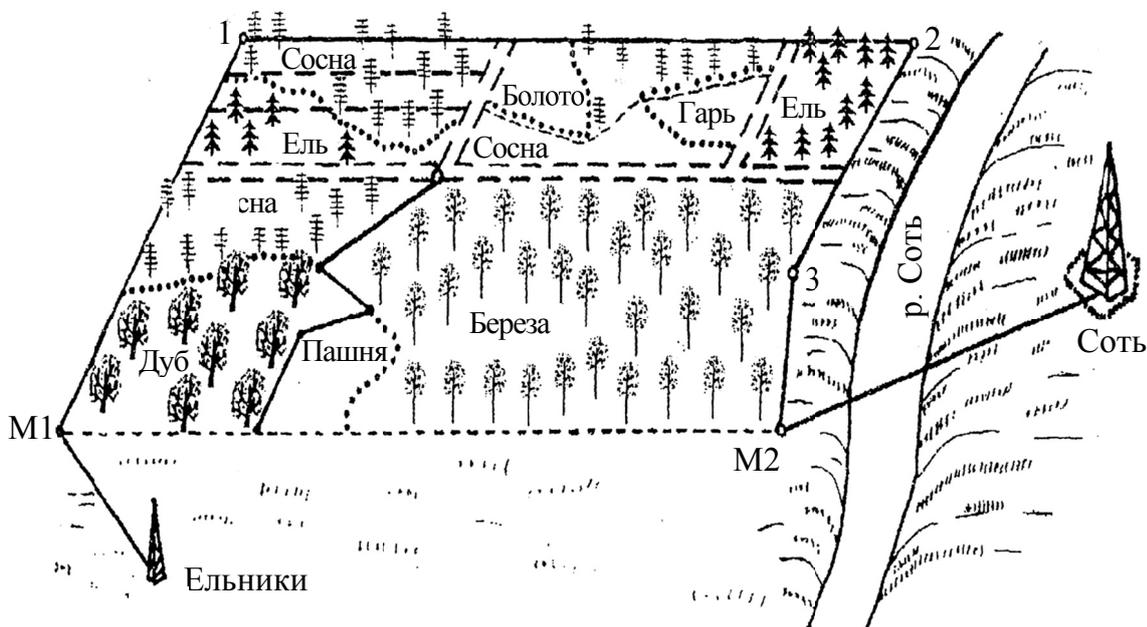


Рис. 4.1. Перспективная схема лесоучастка

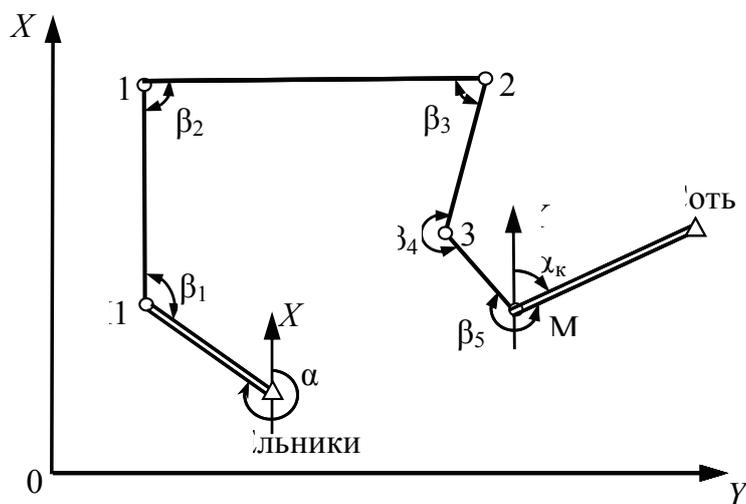


Рис. 4.2. Схема теодолитного хода

4.1. Вычислительная обработка учебного журнала измерения углов и сторон теодолитного хода

Вычислительную обработку выполняют в журнале измерения углов и сторон теодолитного хода аналогично табл. 4.1.

Таблица 4.1

Журнал измерения углов и сторон теодолитного хода

Номер пункта	Круг	Пункты визирования З и П	Отсчеты по горизонтальному кругу	Значения горизонтального угла		Длины сторон и их проложения, м		
				измеренные β', β''	среднее β_{cp}	измеренные	угол наклона линии	горизонтальное проложение
M1	П	(З') Ельники	354°56'			M1-1		$d_1 = _$
	П	(П') 1	212°53'			2011,9		
	Л	(З'') Ельники	207°49'			2011,5		
	Л	(П'') 1	65°45'			$D_{cp} = _$		
1	П	M1	100°40'			1-2	$v = 4^{\circ}36'$ на 300 м $\Delta D_v = _$	$d_2 = _$
	П	2	11°03'			2536,1		
	Л	M1	277°27'			2535,9		
	Л	2	187°51'			$D_{cp} = _$		
2	П	1	179°38'			2-3		$d_3 = _$
	П	3	100°36'			1255,2		
	Л	1	96°14'			1255,4		
	Л	3	17°12'			$D_{cp} = _$		
3	П	2	23°52'			3-M2	$v = 4^{\circ}00'$ на 893,7 м $\Delta D_v = _$	$d_4 = _$
	П	M2	182°12'			893,6		
	Л	2	206°27'			893,8		
	Л	M2	4°46'			$D_{cp} = _$		
M2	П	3	336°44'					
	П	Соть	56°35'					
	Л	3	154°23'					
	Л	Соть	234°14'					

$$\Sigma \beta_{cp} = _$$

$$\Sigma d_{cp} = _$$

Для каждой вершины теодолитного хода (M1, 1, 2, 3, M2) вычисляют горизонтальные углы как средние значения двух полуприемов:

$$\beta' = 3' - П'; \quad (4.1)$$

$$\beta'' = 3'' - \Pi''; \quad (4.2)$$

$$\beta = \frac{\beta' + \beta''}{2}, \quad (4.3)$$

где β' и β'' – значения горизонтальных углов из двух полуприемов; $3'$, $3''$, Π' и Π'' – отсчеты по горизонтальному кругу теодолита на заднюю и переднюю точки сторон теодолитного хода при двух положениях вертикального круга (КЛ и КП); β – среднее арифметическое значение горизонтального угла.

Например, для вершины М1 получаем:

$$\beta' = 142^\circ 03';$$

$$\beta'' = 142^\circ 04';$$

$$\beta_{M1} = 142^\circ 03' - 142^\circ 04' = 142^\circ 03,5'.$$

После определения горизонтальных углов, вычисляется сумма средних величин углов $\sum \beta_i$ и записывается в журнал.

Для сторон теодолитного хода высчитываются окончательные значения измеренных расстояний как среднее двух измерений:

$$D_{cp} = \frac{D' + D''}{2}, \quad (4.4)$$

где D' и D'' – результаты измерения длин линий теодолитного хода в прямом и обратном направлениях.

Например, для стороны М1-1, если $D' = 2011,9$ м и $D'' = 2011,5$ м, среднее значение равно

$$D_{cp} = \frac{2011,9 + 2011,5}{2} = 2011,7 \text{ м.}$$

Для сторон теодолитного хода, имеющих наклон, вычисляют поправку на наклон по формуле

$$\Delta D_v = D_n (\cos v - 1), \quad (4.5)$$

где D_n – длина наклонного участка стороны теодолитного хода; v – угол наклона.

В нашем случае (табл. 4.1) для стороны теодолитного хода 1-2 имеется участок $D_n = 300$ м, угол наклона которого $v = 4^\circ 36'$. Поправка на наклон для данного участка будет равна

$$\Delta D_v = 300 \cdot (\cos 4^\circ 36' - 1) = 300 \cdot (0,9968 - 1) = -1,0 \text{ м.}$$

Для всех сторон теодолитного хода определяют горизонтальные проложения по формуле

$$d = D_{\text{ср}} + \Delta D_v. \quad (4.6)$$

Например, для стороны теодолитного хода 2-3 горизонтальное проложение равно

$$d_{2-3} = 2536,0 + (-1,0) = 2536,0 - 1,0 = 2535,0 \text{ м.}$$

Величина горизонтального проложения записывается в соответствующей графе журнала измерения углов и сторон теодолитного хода.

4.2. Заполнение координатной ведомости исходными данными

В графы 1 и 13 координатной ведомости (табл. 4.2) сверху вниз последовательно записываются названия или номера геодезических пунктов в соответствии со схемой съёмочного обоснования (рис. 4.3): Ельники, М1, 1, 2, 3, М2, Соть.

В графу 2 заносятся значения измеренных горизонтальных углов между сторонами теодолитного хода $\beta_{\text{изм}}$ – их средние значения, по данным журнала измерения углов и сторон теодолитного хода.

В графу 6 записывают величины горизонтальных проложений d сторон теодолитного хода, так чтобы их значения располагались между строками графы 1, в которых указаны названия пунктов данной линии: М1-1 – 2011,7 м; 1-2 – 2535,0 м и т. д. В этой графе записывают $\sum d$.

В соответствии со своим вариантом из табл. 4.3 определяются значения начального дирекционного угла α_n для линии Ельники-М1 и конечного α_k для линии М2-Соть. В координатную ведомость (графа 4) вносят метки α_n и α_k , так чтобы записи дирекционных углов располагались между строками графы 1, где указаны названия пунктов хода: Ельники, М1, М2, Соть.

В графах 11 и 12 координатной ведомости устанавливают метки X_n и Y_n для начальной точки М1, X_k и Y_k для конечной точки М2 в строках, которые соответствуют значениям М1 и М2. Значения координат исходных пунктов выбираются их табл. 4.3.

Таблица 4.2

Ведомость вычисления координат вершин теодолитного хода

Номер пункта	Горизонтальный угол		Дирекционный угол α	Румб стороны r	Горизонтальное проложение d , м	Приращения координат, м				Координаты точек, м		Номер пункта
	измеренный $\beta_{изм}$	уравненный β				вычисленные	уравненные	X	Y			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Ельники	–	–	α_n 321°14'	–	–	–	–	–	–	–	–	Ельники
M1	–0,1' 142°03,5'	142°03,4'	359°10,6'	СЗ: 0°49,4'	2011,7	–0,08 2011,49	+0,56 –28,91	2011,41	–28,35	X_n 1600,12	Y_n 2322,00	M1
1	89°36,5'	89°36,4'	89°34,2'	СВ: 89°34,2'	2535,0	–0,11 19,02	+0,70 2534,93	18,91	2535,63	3611,53	2293,65	1
2	–0,1' 79°02,0'	79°01,9'	190°32,3'	ЮЗ: 10°32,3'	1255,3	–0,05 –1234,13	+0,35 –229,59	–1234,18	–229,24	3630,44	4829,28	2
3	–0,1' 201°40,5'	201°40,4'	168°51,9'	ЮВ: 11°08,9'	891,5	–0,04 –874,72	+0,25 172,17	–874,76	172,42	2396,26	4600,04	3
M2	–0,1' 280°09,0'	280°08,9'	α_k 68°43'	–	–	–	–	–	–	X_k 1521,50	Y_k 4772,46	M2
Соть	–	–		–	–	–	–	–	–	–	–	Соть
$\Sigma\beta_{изм} =$	792°31,5'				$\Sigma d = 6693,5$	$\Sigma\Delta X = -78,34$	$\Sigma\Delta Y = 2448,60$	$\Sigma\Delta X = -78,62$	$\Sigma\Delta Y = 2450,46$			
$\Sigma\beta_{теор} =$	792°31,0'					$\Sigma\Delta X_{теор} = -78,62$	$\Sigma\Delta Y_{теор} = -2450,46$					
$f_\beta =$	+0°00,5'					$f_X = +0,28$	$f_Y = -1,86$					
$f_{\beta_{доп}} =$	0°04,5'					$f_s = 1,88$	$f_{s_{доп}} = 3,35$					

Таблица 4.3

Исходные данные для вычисления координат вершин теодолитного хода
 Для всех вариантов координаты пункта М1 следующие: $X_{M1} = 1600,12$; $Y_{M1} = 2322,00$ м

Номер варианта	Дирекционные углы		Координаты пункта М2, м		Номер варианта	Дирекционные углы		Координаты пункта М2, м	
	начальный α_n	конечный α_k	X_{M2}	Y_{M2}		начальный α_n	конечный α_k	X_{M2}	Y_{M2}
1	310°50'	58°29'	1964,26	4745,45	39	327°30'	74°59'	1252,24	4748,36
2	311°41'	59°10'	1927,27	4750,60	40	326°03'	73°32'	1316,36	4756,32
3	321°14'	68°43'	1520,79	4771,54	41	325°13'	72°42'	1350,44	4760,39
4	314°21'	61°50'	1817,23	4763,51	42	324°58'	72°27'	1365,33	4759,49
5	315°09'	62°38'	1784,71	4765,52	43	324°22'	71°51'	1390,27	4762,03
6	316°13'	63°42'	1738,92	4767,46	44	323°47'	71°16'	1410,43	4765,12
7	317°28'	64°57'	1680,87	4771,11	45	323°13'	70°42'	1436,09	4767,86
8	318°20'	65°49'	1645,26	4771,10	46	322°45'	70°14'	1460,28	4767,02
9	319°55'	67°24'	1578,55	4769,89	47	322°12'	70°41'	1483,26	4768,54
10	320°47'	68°16'	1544,22	4770,77	48	321°40'	69°09'	1505,33	4769,33
11	321°40'	69°09'	1505,33	4769,33	49	321°00'	69°29'	1534,39	4770,61
12	321°56'	69°19'	1490,22	4771,56	50	320°11'	67°40'	1566,30	4772,56
13	322°26'	69°55'	1473,29	4769,05	51	319°33'	67°02'	1595,62	4773,52
14	322°59'	70°28'	1447,52	4767,23	52	319°04'	66°33'	1616,23	4772,66
15	323°32'	71°01'	1422,43	4766,05	53	319°55'	67°24'	1578,66	4773,86
16	324°01'	71°30'	1404,72	4762,11	54	314°21'	61°50'	1814,78	4763,38
17	324°41'	72°10'	1371,83	4761,89	55	321°56'	69°25'	1490,75	4770,36
18	325°17'	72°46'	1349,45	4761,26	56	324°41'	72°10'	1373,42	4762,29
19	318°49'	66°18'	1625,81	4770,67	57	322°26'	69°55'	1472,54	4767,83
20	318°05'	65°34'	1658,95	4700,64	58	322°59'	70°28'	1445,89	4768,01
21	312°48'	60°17'	1881,43	4756,05	59	323°32'	71°01'	1424,59	4764,42
22	317°01'	64°30'	1700,55	4769,80	60	324°01'	71°30'	1400,99	4764,39
23	316°49'	64°18'	1708,66	4770,21	61	324°41'	72°10'	1374,58	4761,05
24	315°45'	63°14'	1758,83	4766,03	62	325°17'	72°46'	1351,25	4758,09
25	314°50'	62°19'	1796,34	4766,01	63	325°53'	73°22'	1323,98	4755,14
26	313°01'	60°30'	1872,83	4755,60	64	326°29'	73°58'	1296,26	4754,11
27	310°50'	58°19'	1967,69	4744,03	65	327°30'	74°59'	1257,11	4746,88
28	311°41'	59°10'	1929,48	4751,60	66	326°03'	73°32'	1316,22	4757,02
29	324°58'	72°27'	1364,36	4759,21	67	325°13'	72°42'	1350,88	4760,59
30	315°09'	62°38'	1782,37	4763,87	68	324°58'	72°27'	1364,36	4759,21
31	317°28'	64°57'	1681,73	4770,83	69	324°22'	71°51'	1387,55	4764,19
32	318°20'	65°49'	1645,27	4772,09	70	323°47'	71°16'	1410,93	4765,63
33	319°55'	67°24'	1580,49	4771,13	71	323°13'	70°42'	1437,29	4768,36
34	322°47'	70°16'	1542,34	4770,08	72	322°45'	70°14'	1459,63	4766,51
35	321°14'	68°43'	1524,50	4770,24	73	310°51'	58°19'	1967,51	4744,12
36	327°30'	74°59'	1257,43	4747,02	74	317°01'	64°30'	1700,97	4770,36
37	325°53'	73°22'	1320,96	4756,33	75	315°09'	62°38'	1781,14	4765,04
38	326°29'	73°58'	1299,99	4752,10	76	321°14'	68°43'	1521,50	4772,46

4.3. Уравнивание измеренных горизонтальных углов, вычисление дирекционных направлений

В координатной ведомости (табл. 4.2) подсчитывают сумму измеренных углов $\sum\beta_{\text{изм}}$ и теоретическую их сумму $\sum\beta_{\text{теор}}$, которая определяется по формуле

$$\sum\beta_{\text{теор}} = (\alpha_n + 180n - \alpha_k) - 360, \quad (4.7)$$

где n – количество углов теодолитного хода, включая примыкающие.

Вычисленные значения $\sum\beta_{\text{изм}}$ и $\sum\beta_{\text{теор}}$ записываются в координатной ведомости в графы 1, 2.

Затем определяют фактическую величину угловой невязки:

$$f_\beta = \sum\beta_{\text{изм}} - \sum\beta_{\text{теор}} \quad (4.8)$$

и допустимую величину угловой невязки:

$$f_{\beta \text{ доп}} = 2'\sqrt{n}. \quad (4.9)$$

Если $f_\beta \leq f_{\beta \text{ доп}}$, измерения на местности и последующие вычисления являются верными.

Измеренные углы уравнивают (увязывают), то есть распределяют между ними фактическую угловую невязку f_β в виде поправок:

$$v_\beta = \frac{-f_\beta}{n}. \quad (4.10)$$

Значения поправок округляют до 0,1', берут со знаком, противоположным угловой невязке f_β , в итоге сумма поправок должна быть равна величине f_β .

Например, в табл. 4.2 (графа 2) фактическая невязка $f_\beta = +0,5'$ разделена на 5 поправок (по количеству углов), которые соответственно равны $-0,1'$ каждая, а их сумма $\sum v_\beta = -f_\beta = -0,5'$.

В графе 3 записываются уравненные горизонтальные углы, которые вычисляются по формуле

$$\beta_i = \beta_{\text{изм } i} + v_{\beta i}. \quad (4.11)$$

Сумма уравненных горизонтальных углов должна равняться теоретической сумме $\sum\beta_{\text{теор}}$.

Дирекционные углы всех сторон хода последовательно вычисляются по формуле

$$\alpha_{i+1} = \alpha_i + 180^\circ - \beta_i \quad (\alpha_{i+1} < 360^\circ). \quad (4.12)$$

Дирекционный угол следующей по ходу стороны α_{i+1} равен дирекционному углу предыдущей стороны α_i плюс 180° минус уравненный правый по ходу угол β_i между этими сторонами (при этом конечное значение угла α_{i+1} не должно быть больше 360°).

Например, в табл. 4.2 определяем:

$$\alpha_{M1-1} = 321^\circ 14' + 180^\circ - 142^\circ 03,4' = 359^\circ 10,6';$$

$$\alpha_{1-2} = 359^\circ 10,6' + 180^\circ - 89^\circ 36,4' = 449^\circ 34,2' - 360^\circ = 89^\circ 34,2';$$

производим контроль:

$$\alpha_{M2-Соть} = \alpha_k = 168^\circ 51,9' + 180^\circ - 280^\circ 08,9' = 68^\circ 43'.$$

Если все предыдущие вычисления верны, то в результате будет получено конечное значение α_k (сторона хода М2-Соть).

Румб каждой стороны (графа 5) вычисляется со справочной целью в соответствии с формулами, которые должны быть известны студентам из предыдущих тем курса и учебников.

4.4. Вычисление приращений координат и плановых координат пунктов хода

Приращения координат, которые называются вычисленными, определяют в соответствии с формулами:

$$\Delta X'_i = d_i \cos \alpha_i; \quad (4.13)$$

$$\Delta Y'_i = d_i \sin \alpha_i. \quad (4.14)$$

При вычислениях на инженерном калькуляторе $\Delta X'_i$ и $\Delta Y'_i$ величины α_i необходимо определять в градусах.

Например, для стороны М1-1 дан $\alpha = 359^\circ 10,6'$, определяем $\alpha_0 = 10,6' / 60' + 359^\circ = 359,177^\circ$, вносим в память калькулятора $x \rightarrow M$ и при $d = 2011,7$ м получаем $\Delta X'_i = +2011,49$ м; $\Delta Y'_i = -28,91$ м. Величины $\Delta X'_i$ и $\Delta Y'_i$ записывают в ведомость (см. табл. 4.2, графы 7 и 8) с округлением до 0,01 м и со знаком плюс или минус.

Определяют суммы вычисленных приращений координат $\sum \Delta X'$ и $\sum \Delta Y'$ (см. пример табл. 4.2).

Вычисляют теоретические значения сумм приращений координат:

$$\sum \Delta X_{\text{теор}} = X_k - X_n; \quad (4.15)$$

$$\sum \Delta Y_{\text{теор}} = Y_k - Y_n. \quad (4.16)$$

Невязки вычисленных приращений координат определяют в соответствии с формулами:

$$f_X = \sum \Delta X' - \sum \Delta X_{\text{теор}}; \quad (4.17)$$

$$f_Y = \sum \Delta Y' - \sum \Delta Y_{\text{теор}}. \quad (4.18)$$

Например, в табл. 4.2

$$f_X = +0,28 \text{ м};$$

$$f_Y = -1,86 \text{ м}.$$

Абсолютная невязка хода

$$f_s = \sqrt{f_X^2 + f_Y^2}, \quad (4.19)$$

а ее допустимая величина будет равна

$$f_{s \text{ доп}} = \frac{\sum d}{2000} \quad (4.20)$$

(одна двухтысячная от длины хода).

Абсолютная невязка хода f_s не должна превышать величину ее допустимого значения $f_{s \text{ доп}}$.

Если абсолютная невязка хода удовлетворяет условиям допустимости, то уравнивают вычисленные приращения координат ΔX_i и ΔY_i . С этой целью фактические невязки f_X и f_Y преобразуют в поправки v_{X_i} и v_{Y_i} к соответствующим величинам ΔX_i и ΔY_i .

Вначале вычисляются коэффициенты:

$$K_X = \frac{-f_X}{\sum d}; \quad (4.21)$$

$$K_Y = \frac{-f_Y}{\sum d}. \quad (4.22)$$

Затем определяются поправки пропорционально длине соответствующих сторон хода:

$$v_{X_i} = K_X d_i; \quad (4.23)$$

$$v_{Y_i} = K_Y d_i. \quad (4.24)$$

Знак поправок v_{X_i} и v_{Y_i} противоположен знаку соответствующей невязки f_X или f_Y , а сумма поправок должна быть равна величине соответствующей невязки:

$$\sum v_{X_i} = -f_X; \quad (4.25)$$

$$\sum v_{Y_i} = -f_Y. \quad (4.26)$$

Например, на основании данных табл. 4.2 определяем коэффициенты:

$$K_X = \frac{-(+0,28)}{6693,5} = -0,000041;$$

$$K_Y = \frac{-(-1,86)}{6693,5} = +0,000278.$$

Поправки вычислены в табл. 4.4.

Таблица 4.4

Вычисление поправок к приращениям координат

Горизонтальное проложение, м	Поправки, м	
	v_{X_i}	v_{Y_i}
$d_1 = 2011,7$	-0,08	+0,56
$d_2 = 2535,0$	-0,11	+0,70
$d_3 = 1255,3$	-0,05	+0,35
$d_4 = 891,5$	-0,04	+0,25

Вычисленные значения поправок записывают в графах 7 и 8 координатной ведомости над соответствующими значениями $\Delta X'_i$ и $\Delta Y'_i$. Затем вычисляют уравненные приращения координат в соответствии с формулами:

$$\Delta X_i = \Delta X'_i + v_{X_i}; \quad (4.27)$$

$$\Delta Y_i = \Delta Y'_i + v_{Y_i}, \quad (4.28)$$

и их значения записывают в графах 9 и 10 координатной ведомости (табл. 4.2).

Вычисляют суммы уравненных приращений координат, записывают полученные значения в графах 9 и 10 и выполняют контроль вычислений:

$$\sum \Delta X = \sum \Delta X_{\text{теор}}; \quad (4.29)$$

$$\sum \Delta Y = \sum \Delta Y_{\text{теор}}. \quad (4.30)$$

Координаты вершин теодолитного хода (графа 11 и 12 координатной ведомости) начинают последовательно вычислять от известных

координат X_H, Y_H начальной точки хода (М1) и заканчивают для контроля определением известных координат X_K, Y_K конечной точки (М2). При этом координата каждой следующей точки хода равна сумме координаты предыдущей точки и уравненного приращения:

$$X_{i+1} = X_i + \Delta X_i; \quad (4.31)$$

$$Y_{i+1} = Y_i + \Delta Y_i. \quad (4.32)$$

Например, в табл. 4.2 определяем:
абсциссы точек:

$$X_1 = X_H + \Delta X_{M1-1} = 1600,12 + 2011,41 = 3611,53 \text{ м};$$

$$X_2 = X_1 + \Delta X_{1-2} = 3611,53 + 18,91 = 3630,44 \text{ м};$$

$$X_3 = X_2 + \Delta X_{2-3} = 3630,44 + (-1234,18) = 2396,26 \text{ м};$$

$$X_K = X_3 + \Delta X_{3-M2} = 2396,26 + (-874,76) = 1521,50 \text{ м};$$

ординаты точек:

$$Y_1 = Y_H + \Delta Y_{M1-1} = 2322,00 + (-28,35) = 2293,65 \text{ м};$$

$$Y_2 = Y_1 + \Delta Y_{1-2} = 2293,65 + 2535,63 = 4829,28 \text{ м};$$

$$Y_3 = Y_2 + \Delta Y_{2-3} = 4829,28 + (-229,24) = 4600,04 \text{ м};$$

$$Y_K = Y_3 + \Delta Y_{3-M2} = 4600,04 + 172,42 = 4772,46 \text{ м}.$$

4.5. Вычисление дирекционного угла и длины линии М2-М1

Сторона М2-М1 лесоучастка не определена при проведении теодолитной съемки местности, но ее длина и дирекционный угол необходимы при оформлении планшета.

В соответствии с обратной геодезической задачей находим румб r_{M2-M1} :

$$\operatorname{tg} r_{M2-M1} = \frac{Y_{M1} - Y_{M2}}{X_{M1} - X_{M2}} = \frac{\Delta Y}{\Delta X}, \quad (4.33)$$

$$r_{M2-M1} = \operatorname{arctg} \left(\frac{\Delta Y}{\Delta X} \right). \quad (4.34)$$

По знакам разностей (приращений) координат ΔY и ΔX определяются четверть и наименование румба линии М2-М1.

Дирекционный угол вычисляется в соответствии с формулами взаимосвязи между α и r , которые должны быть известны студентам из предыдущих тем курса и учебников. Длина линии М2-М1 рассчитывается с контролем по двум из трех формул:

$$d_{\text{М2-М1}} = \frac{\Delta X}{\cos \alpha}; \quad (4.35)$$

$$d_{\text{М2-М1}} = \frac{\Delta Y}{\sin \alpha}; \quad (4.36)$$

$$d_{\text{М2-М1}} = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}. \quad (4.37)$$

В нашем случае в соответствии с табл. 4.2 находим:

$$\Delta X_{\text{М2-М1}} = 1600,12 - 1521,50 = +78,62 \text{ м};$$

$$\Delta Y_{\text{М2-М1}} = 2322,00 - 4772,46 = -2450,46 \text{ м};$$

$$\text{tgr} = \frac{-2450,46}{+78,62} = -31,181^\circ;$$

$$\text{arctgr} = 88,16^\circ.$$

В соответствии со знаками приращений координат ΔY (-) и ΔX (+) определяем четверть – СЗ и наименование румба линии М2-М1 – СЗ: $88^\circ 10'$.

Дирекционный угол линии М2-М1 равен $271^\circ 50'$.

Длина линии М2-М1 равна

$$d_{\text{М2-М1}} = \sqrt{78,62^2 + (-2450,46)^2} = 2451,7 \text{ м}.$$

Лабораторная работа № 5 ***СОСТАВЛЕНИЕ*** ***ЛЕСОУСТРОИТЕЛЬНОГО*** ***ПЛАНШЕТА***

Для составления учебного лесоустроительного планшета необходимо иметь:

- 1) лист чертежной бумаги формата А2 (38×60 см);
- 2) металлическую линейку;

3) треугольник; остро заточенный простой карандаш М-2М или механический «0,5 мм»;

4) циркуль и циркуль-измеритель;

5) лекала для рисования кривых.

На кафедре студент получает для работы линейку Дробышева, масштабную линейку и геодезический транспортир ТГ-1.

План вначале составляется карандашом, тонкими линиями, оформляется подписями и условными знаками согласно требованиям лесоустроительных планшетов, после самопроверки и проверки преподавателем вычерчивается соответствующими цветами.

5.1. Нанесение на план координатной сетки и пунктов по их координатам

На листе чертежной бумаги формата А2 строят сетку квадратов 10×10 см общим размером 30×40 см. Применяя линейку Дробышева, используют свойства прямоугольного треугольника с отношением сторон $3 : 4 : 5$.

Построение сетки квадратов линейкой Дробышева состоит в следующем:

1) вдоль длинной стороны листа, отступив от края 5 см, проводят по скошенной стороне линейки прямую линию. Поставив линейку на линию в положение AB (рис. 5.1) так, чтобы нулевой штрих попал на линию, ставят там точку A , а по следующим четырем скошенным вырезам прочерчивают штрихи;

2) линейку прикладывают в положение AC перпендикулярно линии AB на глаз. Совместив нулевой штрих с точкой A , проводят штрихи через три последующих выреза линейки. Линейку перекалывают в положение BC – по диагонали и, совместив нулевой штрих линейки с точкой B , по пятому скошенному вырезу прочерчивают штрих. Полученная в пересечении точка C является вершиной перпендикуляра к линии AB с основанием в точке A ;

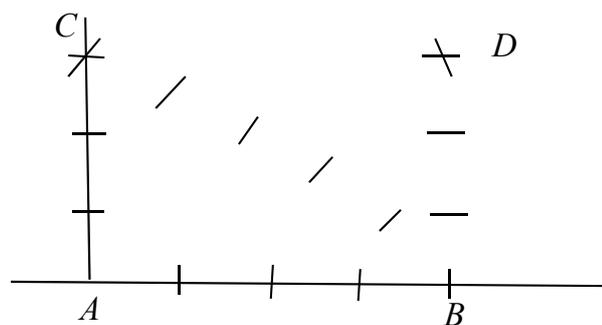


Рис. 5.1. Принцип построения координатной сетки линейкой Дробышева

3) подобное построение повторяют в точке B , в результате получают точку D , которая является вершиной перпендикуляра с основанием в точке B ;

4) приложив линейку к точкам C и D , нужно проверить расстояние между ними. Оно должно быть равно 40 см. Контролем служит совпадение трех штрихов, а также при контроле правильности построения сетки квадратов проверяют длины всех сторон квадратов и их диагоналей. Если расхождение против точных сторон квадратов превышает 0,2 мм, сетку квадратов перечерчивают.

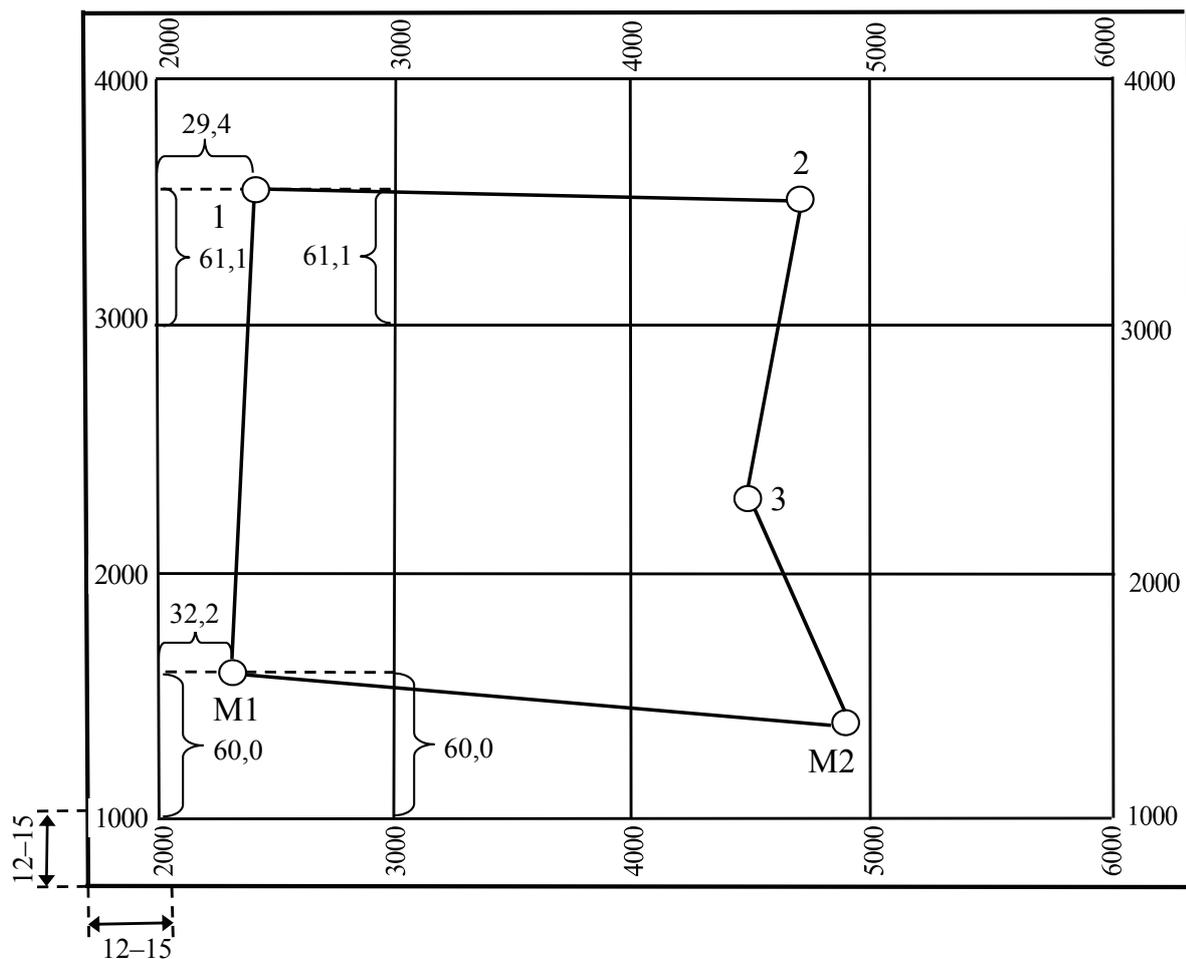
Точность построения сетки дополнительно проверяют измерением длины обеих диагоналей каждого квадрата (отклонение от теоретического значения 141,4 мм должно составлять не более чем $\pm 0,4$ мм).

Масштаб составляемого планшета равен 1:10 000 (в 1 см 100 м). Стороны квадратов координатной сетки 10×10 см в масштабе плана равны 1000 м. Чтобы разместить контур лесного участка в границах координатной сетки, определяют наименьшее и наибольшее значения координат пунктов теодолитного хода по оси X .

Линии координатной сетки подписывают в целых тысячах метров так, чтобы точки с наибольшей и наименьшей абсциссами X разместились примерно на одинаковых расстояниях от противоположных сторон координатной рамки. Аналогичные действия выполняют относительно оси Y с учетом, что за границами лесного участка на востоке необходимо расположить реку Соть. Пример оцифровки координатной сетки и оформления рамок планшета показан на рис. 5.2.

Для нанесения на план пункта $M1$ по его координатам ($X_n = 1600,12$ м; $Y_n = 2322,00$ м) вначале находят квадрат сетки, в который попадает пункт $M1$ (рис. 5.2). Вычисляют расстояния $\Delta X = X_{M1} - X_{ю} = 1600,12 - 1000 = 600,12$ м и $\Delta Y = Y_{M1} - Y_з = 2322,00 - 2000 = 322,00$ м от южной и западной сторон квадрата сетки. В масштабе плана указанные расстояния равны $\Delta X = 60,0$ мм, $\Delta Y = 32,2$ мм. Расстояние ΔX отмечается на двух сторонах квадрата (см. рис. 5.2). При нанесении точки $M1$ отрезок ΔY отмечается на линии, проходящей через метки ΔX .

Нанесение производится при помощи масштабной линейки и циркуля-измерителя с погрешностью не грубее 0,1–0,2 мм. Обозначают пункт $M1$ легким уколом карандаша (диаметр поставленной точки не должен превышать 0,2 мм).



1:M = 1:10 000

В 1 см 100 м

Рис. 5.2. Координатная сетка и нанесение точек по их координатам

Аналогичным образом наносят на план точки 1, 2, 3 и M2.

Правильность положения точек на плане проверяется измерением расстояний между ними, известных из координатной ведомости (графа 6) и учитываемых в масштабе плана. Например, расстояние $d_{M1-1} = 2011,7$ м на плане должно быть равно 201,2 мм, допускается отклонение до $\pm 0,5$ мм. (Длина отрезка M2-M1 была определена решением обратной геодезической задачи – пункт 4.5.)

В случае недопустимых расхождений нужно продублировать нанесение пунктов или проверить точность построения сетки – в первую очередь проверяют те квадраты, где размещались вершины хода.

Если контрольные измерения удовлетворяют требованиям, то все пункты хода соединяют тонкими линиями карандашом.

5.2. Нанесение на план ситуации

На план ситуацию наносят на основе абрисов 1–8 (рис. 5.3–5.10).

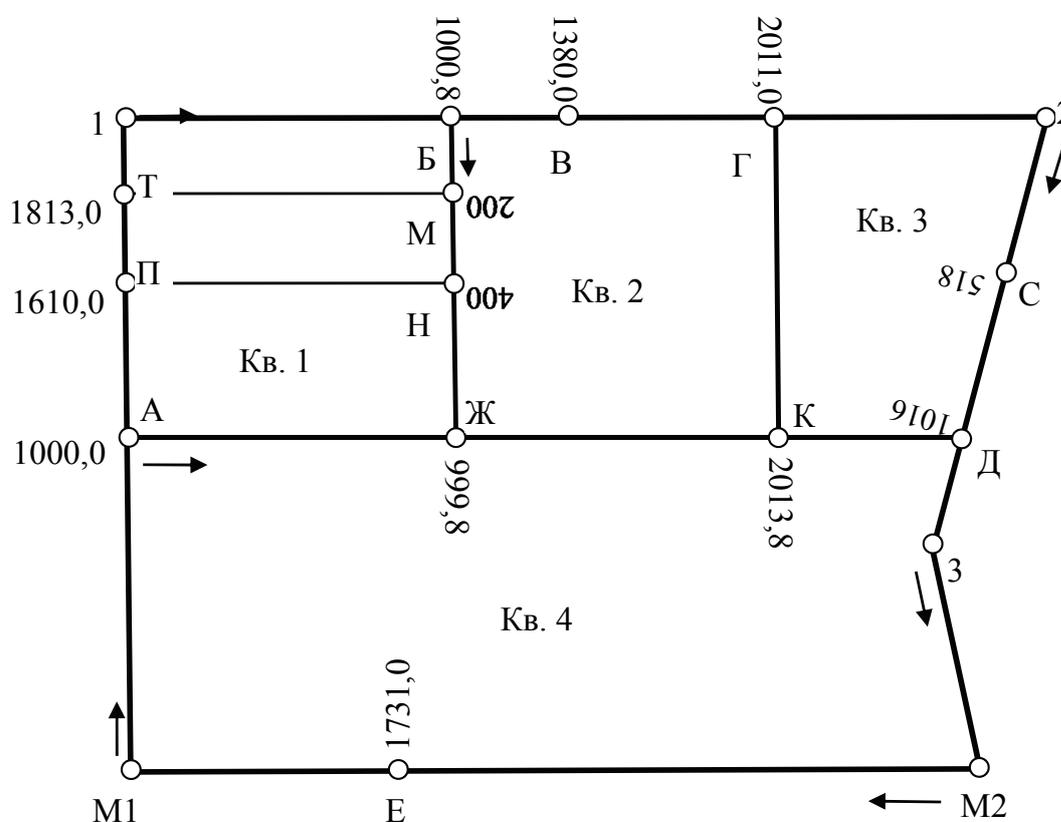


Рис. 5.3. Абрис 1 – схема квартальных просек на участке съемки

Абрисы составляются при съемке ситуации на местности. В абрисах цифры, выражающие расстояния, записываются так, чтобы их основание было обращено в сторону начальной точки счета расстояний. Такими точками, как правило, служат вершины теодолитного хода или точки перечисления квартальных просек. На плане расстояния вычисляют в масштабе, пункты ситуации наносят с помощью линейки максимально точно (погрешность 0,1–0,2 мм).

Съемка сети квартальных просек относительно теодолитного хода изображена на *абрисе 1* (рис. 5.3).

Плановое положение точек А, П, Т, Б, В, Г, С, Д, Е определено на сторонах теодолитного хода цифрами измеренных при съемке расстояний. Основание цифр обращено в сторону начальной точки счета расстояний. Руководствуясь этим, наносят согласно абрису 1 в масштабе плана точки квартальных просек (А, Б, Г и т. д.) и другие обозначенные точки, конечные точки таксационных визиров (П, Т)

в квартале 1. Прочерчивают просеку АД. Получив точки Ж и К, наносят просеки БЖ и ГК; установив положение точек М и Н, прочерчивают таксационные визиры ПН и ТМ. Подписывают номера кварталов.

На *абрисе 2* представлена съемка берега реки Соть способом перпендикуляров (рис. 5.4).

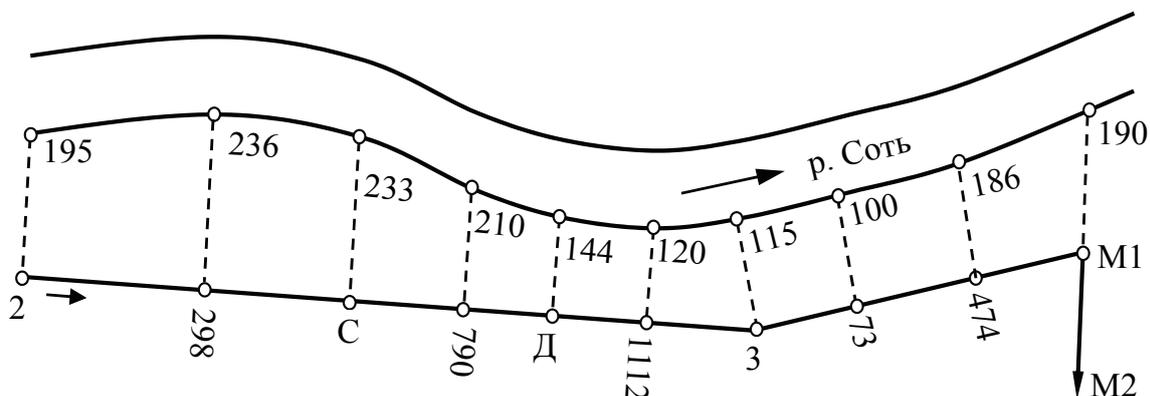


Рис. 5.4. Абрис 2 – съемка берега реки Соть способом перпендикуляров

При нанесении на план точек береговой линии вначале на сторонах теодолитного хода 2-3, 3-М1 определяют местоположение точек 298, С, 790 и т. д. Номера точек соответствуют откладываемым расстояниям от начальных точек счета расстояний – 2 и 3. После этого с помощью транспортира ТГ-1 или угольника отмеряют перпендикуляры соответствующей длины.

При нанесении ситуации по абрису 2 (рис. 5.4) перпендикуляры не прочерчивают и не подписывают цифры расстояний. Линию берега прочерчивают карандашом плавно через отмеченные точки, пользуясь остро заточенным карандашом. После вычерчивания планшета соответствующим цветом карандашные линии вытирают. Данное замечание относится и к работе со всеми абрисами.

На *абрисе 3* представлена съемка берега реки Соть способом угловых засечек (рис. 5.5).

На противоположном берегу реки Соть поставлены вехи в точках а, б, в и т. д. Теодолитом измерены горизонтальные углы – засечки, значения углов указаны на абрисе 3. При нанесении на план точек береговой линии пользуются геодезическим транспортиром ТГ-1, линии засечек проводят мягким острым карандашом без нажима. На пересечении линий засечек получают точки установки вех – а, б, в и т. д., после определения местоположения которых плавно прочерчивают береговую линию.

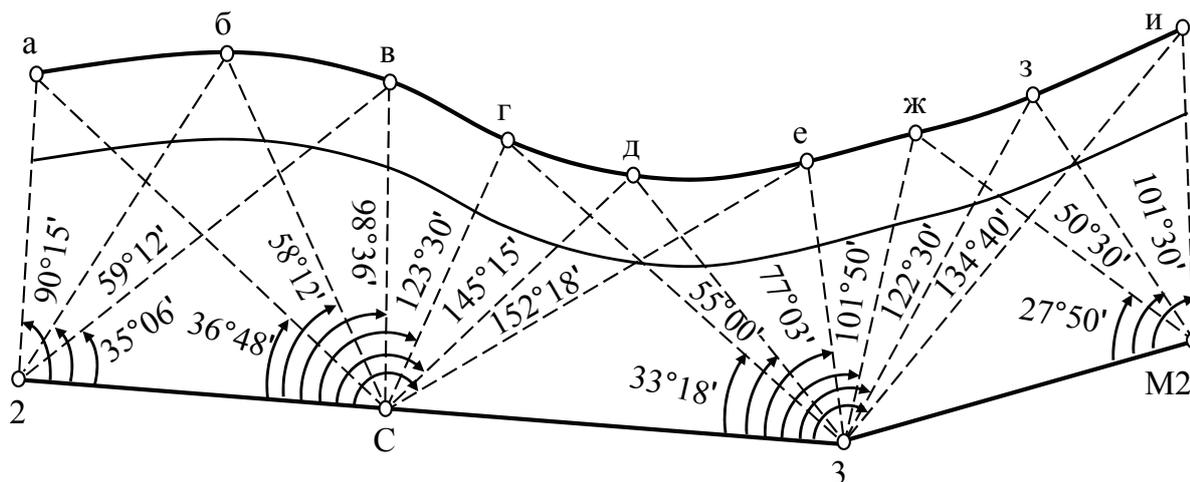


Рис. 5.5. Абрис 3 – съемка берега реки Соть способом угловых засечек

На *абрисе 4* представлена схема съемки контура границы между выделами сосны и ели в квартале 1 (рис. 5.6).

Лесотаксационные выделы сосны и ели в квартале 1 сняты частично относительно таксационных визиров ТМ и ПН, нанесенных на планшет по данным абриса 1. Граница между выделами получена промерами линий вдоль визиров и длины перпендикуляров, при этом четкий контур границы не выявлен вследствие нечеткого перехода от одной древесной породы к другой. Такие границы выявляются приближенно, на планшете их изображают пунктиром.

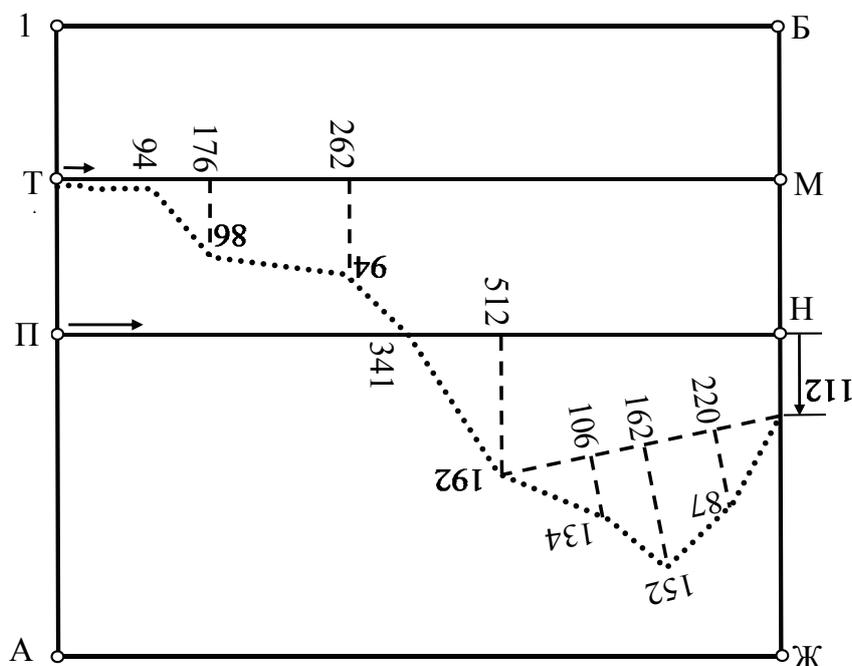


Рис. 5.6. Абрис 4 – контур границы между выделами сосны и ели в квартале 1

от точек 426 и 750. Сперва из точки 426 циркулем прорисовывают дугу длиной 338 м в масштабе плана, а затем из точки 750 – дугу длиной 239 м. На пересечении дуг получаем вершину Р. Для определения местоположения точки Ш нужно отложить дуги длиной 221 м из точки К и длиной 318 м из точки Р. Для нанесения точки Х на план вычерчиваем дуги длиной 337 и 249 м из точек Ш и Р соответственно.

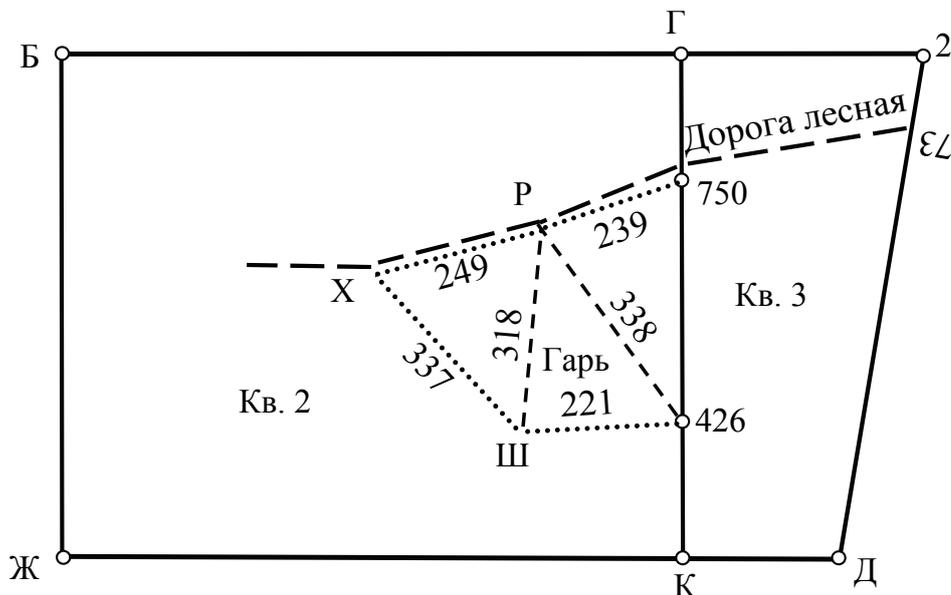


Рис. 5.8. Абрис 6 – контур леса горелого в квартале 2

На *абрисе 7* представлена схема буссольного хода в квартале 4 (рис. 5.9).

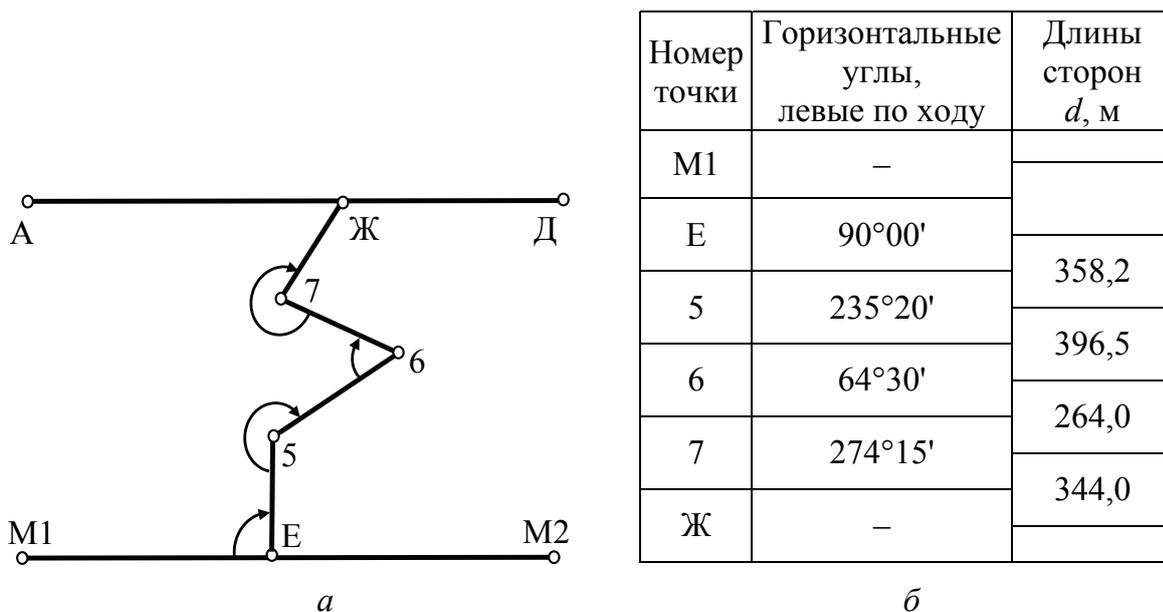


Рис. 5.9. Абрис 7 – схема буссольного хода в квартале 4:
а – абрис; б – журнал

При проложении буссольного хода на местности использовались геодезические приборы: буссоль БГ-1, лента землемерная ЛЗ-20.

Ход наносится на план при помощи геодезического транспорта ТГ-1 и масштабной линейки. Вначале в соответствующей точке транспортом отмеряют левый по ходу горизонтальный угол, а затем по полученному направлению откладывают длину стороны. При окончании графических построений точка Ж наносится по величине угла в точке 7 и длине линии 7-Ж. Расстояние между точками Ж' и Ж, то есть линейная невязка графически нанесенного хода, допускается величиной $\Sigma d / 100$, где Σd – длина хода на плане, мм.

Положение точек хода исправляется на плане способом параллельных линий. Графически исправленный (уравненный) ход является инструментально установленной границей между выделами, такую границу изображают сплошной линией.

На *абрисе 8* представлена схема границ выделов в квартале 4 (рис. 5.10).

Граница между выделами сосны и дуба в квартале 4 получена промерами линий вдоль стороны теодолитного хода М1-1 от точки А по направлению М1 (420 м) и квартальной просеки АД – от точки А по направлению Д (419 м). Отложив по квартальной просеке АД расстояние 419 м, наносят перпендикуляр длиной 162 м. По полученным точкам в соответствии с абрисом 8 (рис. 5.10) прочерчивают пунктиром границу между выделами сосны и дуба.

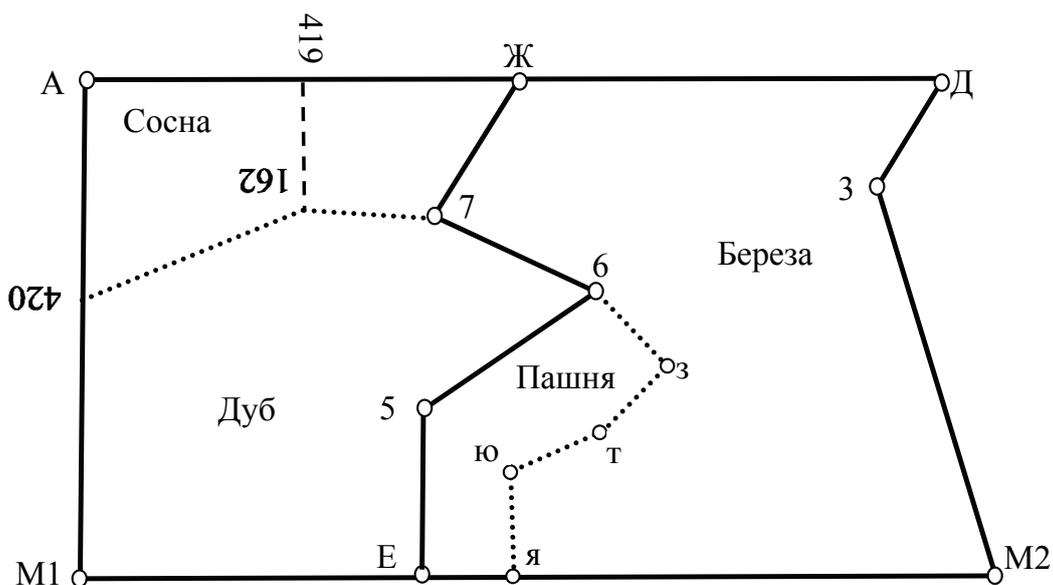


Рис. 5.10. Абрис 8 – схема границ выделов в квартале 4

Контур пашни снят полярным способом относительно стороны 5-6 буссольного хода. При проведении съемки на местности использовались геодезические приборы: буссоль БГ-1, лента землемерная ЛЗ-20. Угломерный прибор располагался в точке 5. Полярные углы измерялись с помощью горизонтального угломерного круга буссоли, расстояния – при помощи землемерной ленты. Данные полевых измерений представлены в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Данные съемки контура пашни

Точка	Направление	Расстояние, м
б	0°00'	398,5
з	32°10'	475,0
т	49°30'	326,0
ю	89°30'	244,0
я	103°35'	386,0

Для нанесения контура пашни в точке 5 располагают транспортир ТГ-1, а нулевой штрих градусных делений направляют в сторону начала счета горизонтальных (полярных) углов по прочерченному направлению 5-6. Не снимая транспортира, сначала слабыми штрихами отмечают направления на контурные точки, записанные в столбце 2 (табл. 5.1), и обозначают их. Затем по этим направлениям от точки 5 откладывают в масштабе плана расстояния d , записанные в третьем столбце табл. 5.1. По полученным точкам в соответствии с абрисом 8 (рис. 5.10) прочерчивают пунктиром контур пашни.

Закончив нанесение ситуации, необходимо сверить план с абрисами и устранить выявленные ошибки и пропуски.

5.3. Оформление лесоустроительного планшета

Планшет вычерчивают и оформляют по образцу рис. 5.11 с соблюдением начертания и размеров условных знаков для лесоустроительных планшетов (табл. 5.2 или [4]).

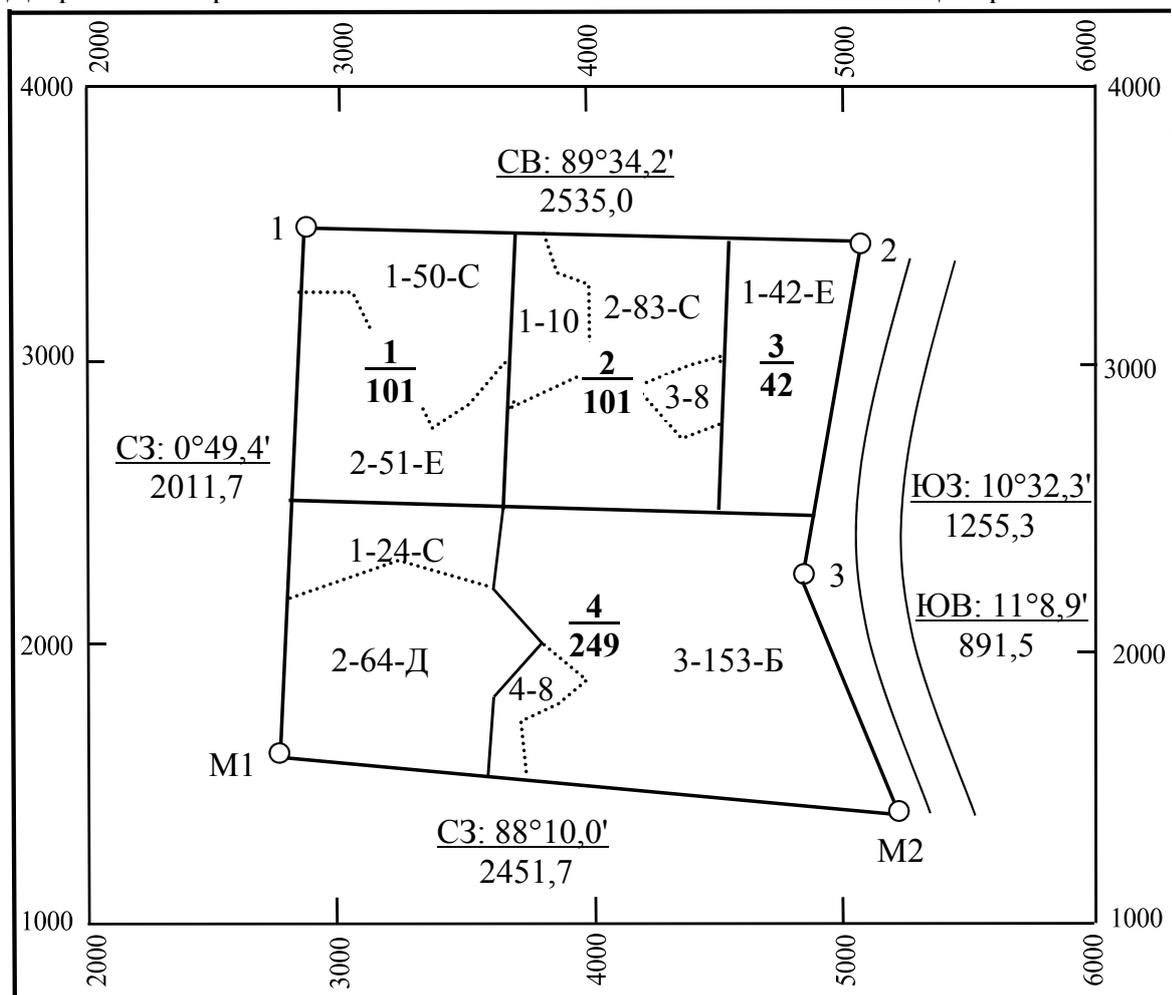
Все надписи (кроме названия реки) ориентируются параллельно южной и северной сторонам рамки планшета независимо от ориентации просек лесных кварталов, подписываются номера вершин теодолитного хода и пунктов М1, М2.

ПЛАНШЕТ № 1

Минская обл.,
Дзержинский р-н

Лесоустройство 2014 г.

Негорельский л-з,
Центральное л-во



1:M = 1:10 000

Студент 1 к. 1 гр. _____

В 1 см 100 м

Проверил _____

Общая площадь 493,0 га

Рис. 5.11. Пример оформления лесоустроительного планшета

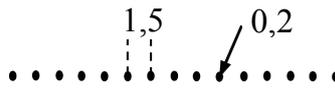
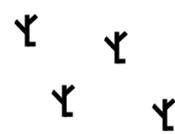
С внешней стороны границ лесного участка для сторон теодолитного хода и линии М2-М1 указывается надпись в виде дроби: числитель – румб линии, знаменатель – горизонтальное проложение.

Каждый квартал и выдел нумеруются. Номера кварталов указаны на абрисе 1 (рис. 5.3). Для каждого квартала подписывается его номер (числитель) и площадь (знаменатель).

Выделы нумеруются по каждому кварталу отдельно с северо-западного угла в направлении с запада на восток по условным строкам, начиная с № 1.

Таблица 5.2

Условные знаки для лесоустроительных планшетов

Наименование объекта	Вид на плане
 0,8	Квартальные просеки
 0,2	Границы таксационных выделов, установленные инструментально, то есть при помощи геодезических приборов
	Границы таксационных выделов, установленные глазомерно путем дешифрирования аэрофотоснимков
	Полевая и лесная дороги
	Пашня
	Лес горелый
	Болото

Для каждого выдела, отведенного под лесонасаждение, подписывается таксационная формула:

$$2 - 6,1 - С,$$

где 2 – номер выдела; 6,1 – площадь, га; С – преобладающая порода: С – сосна, Е – ель, Д – дуб, Б – береза и т. д.

Таксационная формула для вырубок и гарей имеет вид

$$8 - 16,3 - 02,$$

где 8 – номер выдела; 16,3 – площадь, га; 02 – год вырубки, гари.

Рамка и зарамочные подписи вычерчиваются согласно рис. 5.9. Координатная сетка не вычерчивается, но отмечается либо крестиками, либо штрихами на рамке. Надписи объектов (кроме рек) ориентируются параллельно южной (северной) стороне рамки планшета.

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОЩАДЕЙ УЧАСТКОВ

Существует три способа определения площадей участков: аналитический, графический и механический.

При *аналитическом способе* площади участков вычисляют по результатам измерений линий и углов на местности с применением формул геометрии, тригонометрии и аналитической геометрии.

При *графическом способе* площади вычисляют по результатам измерений линий по плану (карте), когда участок плана разбивают на простейшие геометрические фигуры, преимущественно треугольники, реже прямоугольники и трапеции. В каждой фигуре измеряют высоту и основание, по которым вычисляют площадь. Сумма площадей фигур дает площадь участка. К графическому способу относится определение площади участка при помощи палетки.

Механическим способом площади участков определяют по плану при помощи специальных приборов (планиметров).

Иногда способы определения площадей применяют комбинированно. Например, часть линейных величин для вычисления площади определяют по плану, а часть – по итогам измерений на местности.

В результате выполнения лабораторных работ по данному разделу студенты должны вычислить аналитическим способом общую площадь лесоучастка, графическим и механическим способами – площади отдельных выделов и лесных кварталов, выполнить уравнивание площадей и составить экспликацию земель.

Лабораторная работа № 6 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОЩАДЕЙ

6.1. Аналитический способ определения площади участка

Площади больших участков, целых землепользований вычисляют по результатам измерений линий и углов на местности

(при помощи формул тригонометрии) или по их функциям – приращениям координат и координатам вершин.

Для этого применяют формулы:

$$2P = \sum_{i=1}^n X_i (Y_{i+1} - Y_{i-1}); \quad (6.1)$$

$$2P = \sum_{i=1}^n Y_i (X_{i-1} - X_{i+1}), \quad (6.2)$$

где P – площадь участка; X_i, Y_i – прямоугольные координаты i -й точки теодолитного хода; $X_{i+1}, Y_{i+1}, X_{i-1}, Y_{i-1}$ – прямоугольные координаты следующей ($i + 1$) или предыдущей ($i - 1$) точки.

Общую площадь лесоучастка следует определять по координатам вершин теодолитного хода в табл. 6.1.

На примере данных табл. 4.2 общая площадь участка составила 492,99 га.

Таблица 6.1

Определение общей площади участка аналитическим способом

Номер точки	$X_i(Y_{i+1} - Y_{i-1}),$ м ²	$Y_{i+1} - Y_{i-1},$ м	$X_i,$ м	$Y_i,$ м	$X_{i-1} - X_{i+1},$ м	$Y_i(X_{i-1} - X_{i+1}),$ м ²
М1	-3 966 393	-2478,81	1600,12	2322,00	-2090,03	-4 853 050
1	9 055 117	2507,28	3611,53	2293,65	-2030,32	-4 656 843
2	8 373 211	2306,39	3630,44	4829,28	1215,27	5 868 879
3	-136 155	-56,82	2396,26	4600,04	2108,94	9 701 208
М2	-3 466 038	-2278,04	1521,50	4772,46	796,14	3 799 546
	$2P =$ $= 9 859 741$	$\Sigma = 0$			$\Sigma = 0$	$2P =$ $= 9 859 741$
$P = 4929870,32 \text{ м}^2 = 492,99 \text{ га}$						

6.2. Определение площадей участков механическим способом

Планиметром называют плоский прибор, дающий возможность путем обвода плоской фигуры любой формы определить ее площадь.

Планиметры бывают различных систем и подразделяются на линейные и полярные. Наибольшее распространение получили полярные планиметры, состоящие из двух рычагов – обводного и полюсного, соединенных шарниром, а также счетного механизма с делениями (рис. 6.1).

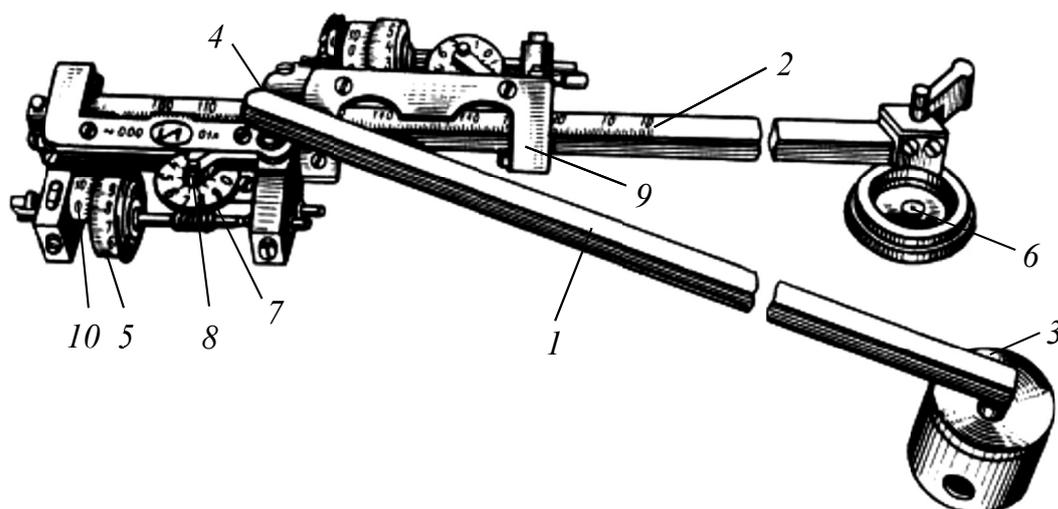


Рис. 6.1. Полярный планиметр:

1 – полюсный рычаг; 2 – обводной рычаг; 3 – полюс планиметра;
 4 – место соединения рычагов; 5 – счетный ролик; 6 – обводной индекс;
 7 – счетный механизм; 8 – циферблат; 9 – каретка; 10 – верньер

Полярный планиметр имеет два рычага: полюсный 1 и обводной 2.

Один конец полюсного рычага является полюсом планиметра 3, на нем крепится игла (во время обвода она неподвижна), другой его конец шарнирно соединяется с обводным рычагом в точке 4. На одном конце обводного рычага имеется счетный ролик 5, который располагается перпендикулярно рычагу, на другом конце рычага – обводной индекс 6, представляющий собой либо точку на нижней поверхности стекла, либо конец шпиля. Для механического счета числа оборотов счетного ролика служит счетный механизм 7. Счетный ролик разделен на сто частей, сбоку от него находится верньер 10 на одну десятую деления. Обводной ролик и счетный механизм помещаются на каретке 9, которую можно перемещать вдоль обводного рычага, изменяя тем самым его длину.

Делением планиметра называется $1/1000$ окружности ободка счетного ролика, соприкасающегося с бумагой.

Порядок снятия отсчетов по счетному механизму планиметра (рис. 6.2) следующий:

1) *первая цифра* (тысячи) берется с циферблата – меньшая по указателю;

2) *вторая и третья* цифры берутся со счетного ролика; сначала снимают вторую цифру, расположенную на счетном ролике ниже нуля верньера (сотни), затем третью цифру (десятки) – число целых

делений счетного ролика между только что взятой второй цифрой и нулем верньера;

3) *четвертая цифра* берется по верньеру – номер штриха верньера, который наиболее точно совпадает с каким-либо делением счетного ролика.

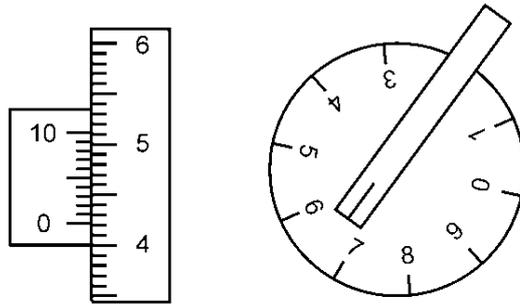


Рис. 6.2. Отсчет по планиметру (6422)

Измерение площади сводится к обводу на карте контура участка обводным индексом по ходу часовой стрелки. При этом вследствие трения о бумагу счетный ролик вращается. Берут отсчет по счетному механизму до обвода контура n_1 и после обвода – n_2 . Площадь участка вычисляют по формуле

$$P = c (n_2 - n_1), \quad (6.3)$$

где c – цена деления планиметра.

Перед измерением площади цену деления планиметра определяют, руководствуясь формулой

$$c = \frac{P}{n_2 - n_1}. \quad (6.4)$$

Для обвода берут фигуру, площадь которой известна. Как правило, это квадрат координатной сетки. Если площадь квадрата выразить в квадратных сантиметрах, то по формуле (6.4) получают *абсолютную* цену деления планиметра, а если в гектарах на местности, то *относительную* цену деления.

Чтобы повысить точность определения цены деления планиметра, фигуру обводят четыре раза. Расхождения в разностях отсчетов не должны превышать пяти делений планиметра. Цену деления вычисляют до четырех значащих цифр. Все результаты по определению цены деления планиметра записывают в таблицу, аналогичную табл. 6.2.

Определение цены деления планиметра

Отсчеты планиметра n_i	Разности отсчетов u_i	Среднее из разностей u_{cp}	Цена деления планиметра, га, $c = P / u_{cp}$
4318			$c = \frac{100 \text{ га}}{1004,5} = 0,0996$
	1003		
5321			
	1007		
6328		1004,5	
	1005		
7333			
	1003		
8336			

В последние годы площади участков на картах и планах определяются с применением полуавтоматических измерительных устройств (электронных планиметров), позволяющих автоматизировать процесс измерений и вычислений; обвод контуров осуществляется исполнителем.

Электронный полярный планиметр устроен подобно механическому, но имеет электронное счетное устройство и жидкокристаллический дисплей (рис. 6.3).



Рис. 6.3. Электронный полярный планиметр Planix 7

Электронный роликовый планиметр катится на двух высокофрикционных абразивных роликах, измеряющих смещения по направлению качения. Поворотная штанга с курсором, перемещаемым по контуру площади, измеряет смещения в поперечном направлении. Счетное устройство вычисляет площадь и высвечивает ее величину на дисплее.

6.3. Увязка площадей контуров

Общую площадь лесоучастка определяют как сумму площадей отдельных выделов.

После этого вычисляют невязку по формуле

$$f_P = P_{\text{пр}} - P_{\text{теор}}, \quad (6.5)$$

где $P_{\text{пр}}$ – практическая площадь участка, определяемая как сумма площадей отдельных выделов; $P_{\text{теор}}$ – теоретическая площадь участка, определяемая по координатам вершин аналитическим способом.

Допустимая невязка в сумме площадей контуров определяется по формуле

$$f_{P_{\text{доп}}} = \frac{1}{200} \sum P_i. \quad (6.6)$$

Если невязка f_P меньше допустимой, то она распределяется пропорционально площадям контуров с обратным знаком. То есть в площади каждого выдела вводятся поправки:

$$v_P = -\frac{f_P}{\sum P_i} P_i. \quad (6.7)$$

Увязанная площадь должна быть равна площади участка, определенной аналитическим способом.

Результаты определения и увязки площадей выделов механическим способом на планшете, составленном по данным предыдущего раздела, необходимо представить в табл. 6.3.

Таблица 6.3

Определение площадей участков механическим способом

Планиметр № 3420

Длина обводного рычага 153,4

Цена деления планиметра $c = 0,0996$

Номер контура	Название угодий	Отсчеты n_i	Разности отсчетов u_i	Среднее из разностей $u_{\text{ср}}$	Площадь $P = cu_{\text{ср}}$, га	Поправки v_P , га	Уравненная площадь $P_{\text{ур}}$, га
1	Сосна	9456					
		9994	538				
		0534	540	540	53,78	-0,09	53,69
		1075	541				
2	Ель	5678					
		6143	465				
		6623	480				
		7086	463	464	46,21	-0,08	46,13
		7549	463				
3						
					$\sum P_i = \underline{\quad}$	$\sum v_P = \underline{\quad}$	$P_{\text{ур}} = \underline{\quad}$

4. ИЗМЕРЕНИЕ МАГНИТНЫХ АЗИМУТОВ И РУМБОВ

В работах по лесоустройству широкое применение находят буссоли. При помощи этих приборов на местности измеряют магнитные азимуты или румбы направлений и горизонтальные углы между ними.

Цели данного раздела лабораторного практикума:

- усвоить устройство буссолей БГ-1, АР-1;
- изучить и выполнить поверки буссоли;
- научиться измерять магнитные азимуты и румбы направлений;

В отчет о выполнении лабораторных работ прилагаются следующие материалы:

- схема отсчетов по градусному кольцу буссоли и лимбу;
- результаты измерения магнитных азимутов и румбов направлений;
- итоги выполнения поверок буссоли.

Лабораторная работа № 7 ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА БУССОЛЕЙ

Буссоль – простейший геодезический прибор для измерения магнитных азимутов и румбов направлений. Она может быть самостоятельным прибором или дополнительным приспособлением к более сложному угломерному устройству, например к теодолиту.

Устройство буссолей

Буссоль БГ-1 состоит из следующих основных частей (рис. 7.1).

Собственно самой буссоли 1, представляющей круглую коробку, в центре которой на шпильке насажена магнитная стрелка 2. Северный конец магнитной стрелки окрашен в черный цвет. В нерабочем положении стрелка должна быть прижата к защитному стеклу

при помощи ориентирующего устройства, приводимого в действие вращением кольца крышки буссоли.

В коробке буссоли имеется градусное кольцо 3. Если на градусном кольце буссоли деления подписаны от 0 до 360°, то такое кольцо называется *азимутальным*. Если же противоположные деления одного из диаметров кольца отмечены подписями 0° и от каждого из них значения градусов возрастают в обе стороны до 90°, то такое кольцо называется *румбическим*.

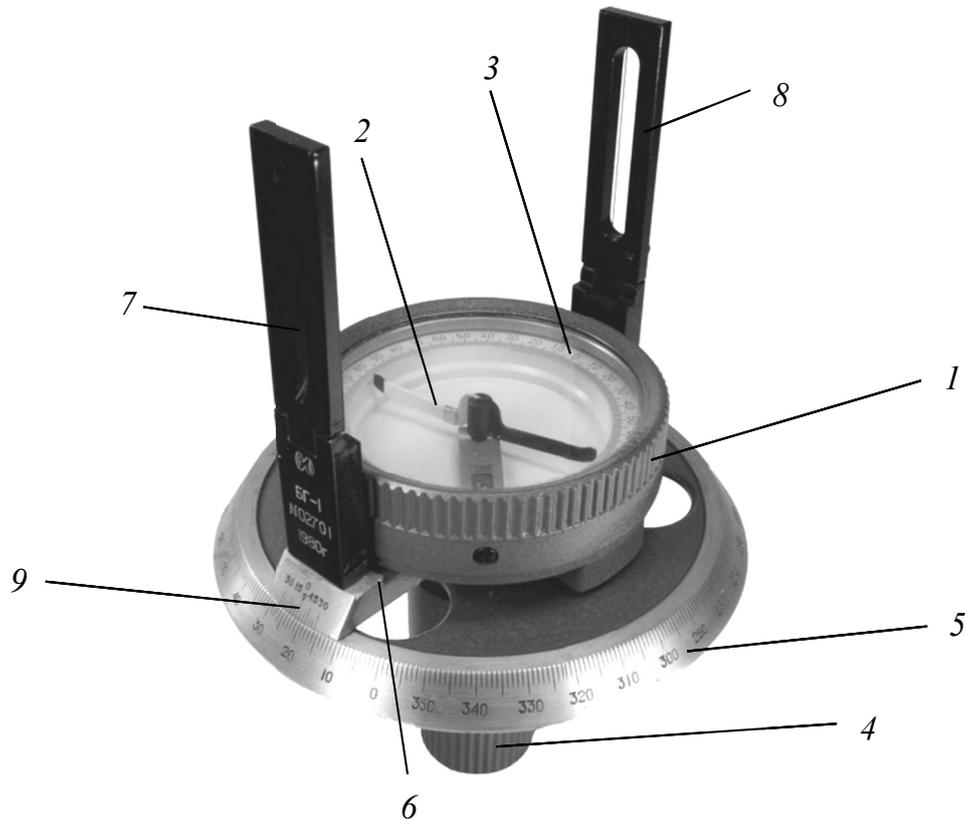


Рис. 7.1. Буссоль БГ-1:

- 1 – буссоль; 2 – магнитная стрелка; 3 – градусное кольцо;
- 4 – втулка; 5 – лимб; 6 – алидада; 7 – глазной диоптр;
- 8 – предметный диоптр; 9 – верньер

Втулка 4 служит для закрепления буссоли на головке штатива или на верхнем конце деревянного стержня. Лимб 5 жестко соединен с буссолью, и обе эти части могут совместно вращаться по втулке. Для снятия отсчетов по лимбу предназначена алидада 6. Ее можно вращать относительно лимба, что необходимо для измерения горизонтальных углов.

Визирными приспособлениями являются диоптры 7 и 8, укрепленные на алидаде, а отсчетными – два верньера 9, точность

которых 5'. Глазной диоптр 7 представляет собой пластинку с узкой щелью. По оси прорези предметного диоптра 8 натянут визирный волосок. Нулевой штрих каждого верньера находится в плоскости, проходящей через волосок предметного диоптра и середину щели глазного. Эта плоскость называется *коллимационной*. Линия, идущая от глаза наблюдателя через оба диоптра к наблюдаемому предмету, называется *линией визирования*.



Рис. 7.2. Буссоль AP-1

Буссоль AP-1 (рис. 7.2) имеет небольшие размеры. При подготовке к работе нет необходимости ориентировать шкалы, так как нулевой штрих совпадает с магнитным меридианом. Технические характеристики бусселей БГ-1 и AP-1 приведены в таблице.

Таблица

Технические характеристики бусселей

Характеристики	БГ-1	AP-1
Диапазон измерения, град:		
углов	360	360
румбов в каждой четверти	0–90	0–90
Величина отсчета по верньеру, мин	5	6
Погрешность измерения, мин:		
магнитных азимутов	30	30
горизонтальных углов	10	10
Габаритные размеры, мм	112×170	100×140
Масса, кг	0,45	0,50

Порядок снятия отсчетов по лимбу следующий (рис. 7.3):

1) считывают по лимбу целое число градусов, расположенных правее нуля верньера;

2) отсчет минут снимают по верньеру: берут номер штриха, который наиболее точно совпадает со штрихом лимба (цена деления на верньере 5').

В примере на рис. 7.3 отсчет составляет 124°45'.

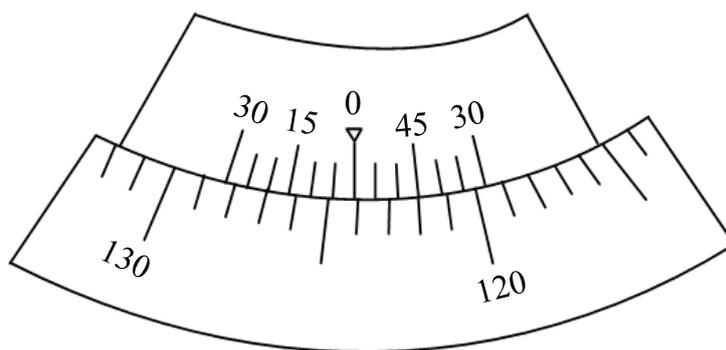


Рис. 7.3. Вид шкалы лимба

Необходимо ознакомиться с устройством буссолей БГ-1 и АР-1, отсчетными приспособлениями этих приборов, снять отсчеты по шкале буссоли и лимбу, измерить магнитные азимуты и румбы, представить результаты в отчете к лабораторной работе.

Лабораторная работа № 8 ***ПОВЕРКИ БУССОЛЕЙ***

Поверка 1. *Магнитная стрелка должна быть уравновешена.*

Для приведения стрелки в горизонтальное положение служит передвижная муфточка. Если муфточки нет, стрелку можно уравновесить кусочками воска, алюминиевой фольги и т. д.

Поверка 2. *Магнитная стрелка должна обладать достаточной чувствительностью.*

Для поверки этого условия по одному из концов свободно установившейся на шпиле стрелки производят отсчет делений кольца буссоли, затем с помощью магнита выводят стрелку из состояния покоя, после чего магнит убирают.

Хорошо намагниченная стрелка возвращается на прежний отсчет. Если после неоднократного исполнения этой поверки обнаруживается несовпадение отсчетов, то причиной недостаточной чувствительности магнитной стрелки могут быть: слабая намагниченность, плохая шлифовка агатовой опоры в шляпке стрелки, затупление острия шпилья. Такие буссоли подлежат исправлению.

Поверка 3. *Ось вращения магнитной стрелки должна совпадать с центром градусного кольца, в противном случае стрелка будет иметь эксцентриситет.*

Условие считается выполненным, если отсчеты по противоположным концам стрелки отличаются на 180° . Для проверки этого условия буссоль поворачивают через каждые $30\text{--}40^\circ$ и производят отсчеты по обоим ее концам. Буссолью, у которой стрелка имеет эксцентриситет, работать можно, но при этом отсчеты следует производить по обоим концам стрелки. Среднее значение из этих отсчетов будет свободно от погрешности, обусловленной эксцентриситетом.

Например, если отсчет по северному концу стрелки $A_1 = 30^\circ$, а по южному $A_2 = 211^\circ$, то средний отсчет по северному концу $A = 30,5^\circ$.

Проверка 4. *Магнитная и геометрическая оси стрелки должны совпадать.*

Для проверки этого условия снимают защитное стекло буссоли и производят отсчет по северному концу стрелки. Затем снимают стрелку со шпильки, перевинчивают шляпку на другую сторону стрелки и, установив ее на шпильку, снова берут отсчет по тому же концу. Разность отсчетов будет равна двойному углу между указанными осями стрелки. Если погрешность заметна, то ее учитывают при определении магнитных азимутов или румбов введением соответствующих поправок в отсчеты.

Эту проверку можно выполнить также сравнением показаний стрелок поверяемой и исправной буссолей.

Проверка 5. *Коллимационная плоскость диоптров должна быть перпендикулярна к плоскости градусного кольца буссоли и проходить через его нулевой диаметр.*

Для проверки этого условия плоскость кольца буссоли с помощью выверенного уровня устанавливают в горизонтальное положение. В $10\text{--}15$ м от буссоли вешают шнур с отвесом и визируют на него через диоптры. Если волосок предметного диоптра закрывает шнур отвеса на всем своем протяжении, то есть коллимационная плоскость совпадает со шнуром, значит диоптры установлены правильно.

Положение нулевого диаметра градусного кольца проверяют линейкой, совместив ее ребро с противоположными штрихами этого диаметра. Вдоль ребра линейки визируют на шнур отвеса, и если при этом линия визирования, проходящая через глазной и предметный диоптры, совпадает со шнуром отвеса, то условие выполнено. В противном случае кольцо буссоли следует повернуть на соответствующий угол.

Итоги выполнения проверок необходимо представить в виде краткого отчета с указанием номера проверки, геометрического условия, порядка проведения и полученных результатов.

5. БУССОЛЬНАЯ СЪЕМКА

Буссольная съемка является основным методом наземных геодезических работ в границах лесных кварталов, которые наносятся на лесоустроительный планшет или фотоплан. С помощью буссоли и мерной ленты выполняется съемка границ внутриквартальных выделов относительно пунктов квартальных просек. Буссоль используется также для перенесения в натуру границ вырубок, площадей лесопосадок и др.

Целью настоящего раздела является выполнение вычислительной обработки данных буссольной съемки и составление плана участка.

Лабораторная работа № 9 ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА ЖУРНАЛА БУССОЛЬНОЙ СЪЕМКИ

При проведении измерений буссолью в полевых условиях перед началом работ обязательно определяется угол δ – склонение магнитной стрелки. Буссольный ход необходимо прокладывать между пунктами с известными координатами. Если поблизости нет исходных пунктов, то начальный и конечный пункты буссольного хода привязывают промерами к пунктам пересечения квартальных просек. Измерения следует выполнять до пересечения осей просек.

При буссольной съемке внутриквартальных выделов применяется *метод обхода* по границе контура. Буссоль устанавливают над точкой хода на специальном деревянном штативе. Центрируют с точностью 0,05–0,07 м, горизонтируют на глаз.

Магнитную стрелку опускают на шпиль только на время измерений. **С помощью буссоли измеряются прямые и обратные магнитные азимуты каждой стороны хода.**

Буссоль устанавливают над каждой вершиной, а вехи – на соседних (задней и передней) точках хода (рис. 9.1). Визируют сначала на веху, находящуюся на задней точке, через диоптры и снимают отсчет по концам магнитной стрелки, а затем на веху на передней точке. Длины линий измеряют с помощью мерной ленты или рулетки с точностью до 0,1 м.

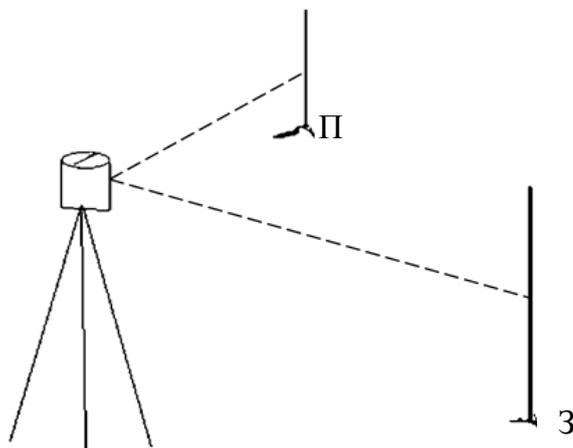


Рис. 9.1. Порядок измерения углов буссолью

Параллельно с измерениями ведется абрис (рис. 9.2) и заполняется журнал буссольного хода (таблица).

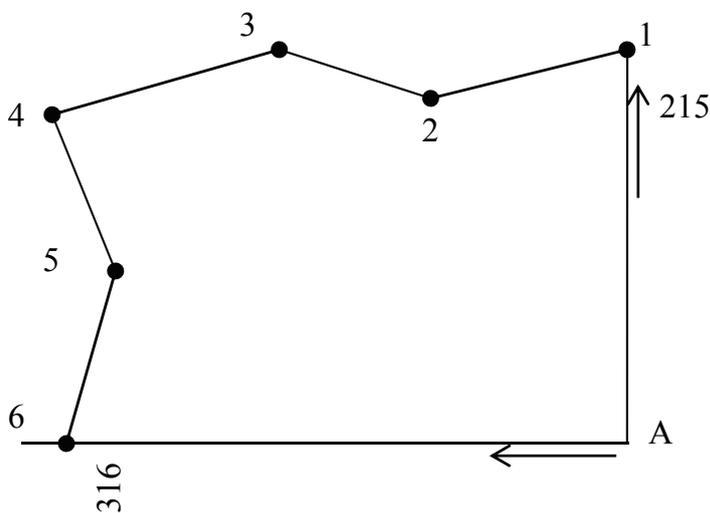


Рис. 9.2. Абрис буссольной съемки

Повысить точность буссольной съемки можно, если измерять не магнитные азимуты, а правые по ходу углы с использованием угломерного круга (лимба) и верньера. Точность измерения углов в таком случае составит $m_{\beta} \approx 5-10'$.

Журнал буссольной съемки

Номер линии	Длина, м	Магнитный азимут A^M , град			Склонение магнитной стрелки δ , град	Дирекционный угол $\alpha = A^M + \delta$, град
		прямой	обратный	средний прямой		
A-1	215,0	356,0	175,4	355,6	+4,6	0,2
1-2	95,3	266,0	86,4	266,2	+4,6	270,8
2-3	106,7	278,9	98,1	278,5	+4,6	283,1
...						

Правый по ходу горизонтальный угол с помощью буссоли измеряют при визировании сначала на заднюю точку хода (веху), затем на переднюю при неподвижном положении угломерного круга. Каждый раз снимают отсчеты по лимбу с помощью верньера. Искомый угол получают по формуле

$$\beta = З - П,$$

где З и П – отсчеты по горизонтальному кругу.

Используя исходные данные, выданные преподавателем, выполнить вычислительную обработку журнала буссольной съемки, аналогично приведенной в таблице.

Лабораторная работа № 10

ПОСТРОЕНИЕ ПЛАНА УЧАСТКА

БУССОЛЬНОЙ СЪЕМКИ

10.1. Уравнивание горизонтальных углов

Уравнивание правых по ходу углов и построение плана участка выполняется в процессе камеральной обработки результатов буссольной съемки.

Уравнивание правых по ходу измеренных буссолью углов производится в камеральных условиях в следующей последовательности:

- 1) суммируют правые по ходу углы $\sum \beta_{\Pi}$;
- 2) находят угловую невязку по формуле

$$f_{\beta} = \sum \beta_{\Pi} - (\alpha_n + 180^{\circ} \cdot n - \alpha_k), \quad (10.1)$$

где α_n , α_k – дирекционные углы начальной и конечной линий буссольного хода; n – количество углов;

3) определяют допустимую невязку в измерении углов по формуле

$$f_{\beta \text{ доп}} = 2t\sqrt{n}, \quad (10.2)$$

где t – точность снятия отсчетов по лимбу;

4) уравнивают, распределив поправки поровну на все углы.

10.2. Построение плана участка буссольной съемки

Существует два способа нанесения буссольного хода на планшет – графический и по координатам пунктов (аналитический).

Графический способ. На планшет наносят первый и последний пункты хода в соответствии с данными их привязки к квартальным просекам. Используя транспортир и данные журнала буссольной съемки, на планшете строят дирекционный угол первой стороны хода 1-2. По полученному направлению в масштабе плана откладывают длину линии 1-2 и отмечают на планшете точку 2'.

Аналогично строят дирекционные углы остальных сторон хода, по которым откладывают их длины. В конце построений на планшете получают дважды положение последней точки хода b и b' . Отклонение точки b' от точки b на планшете называется графической невязкой.

Допустимая величина графической невязки f_s , мм, определяется по формуле

$$f_s = \frac{\sum d_{\text{п}}}{100}, \quad (10.3)$$

Другими словами, допустимая величина графической невязки должна составлять $1/100$ от длины хода $\sum d_{\text{п}}$.

Если невязка допустима, то в положение пунктов на планшете вводят поправки по способу параллельных линий.

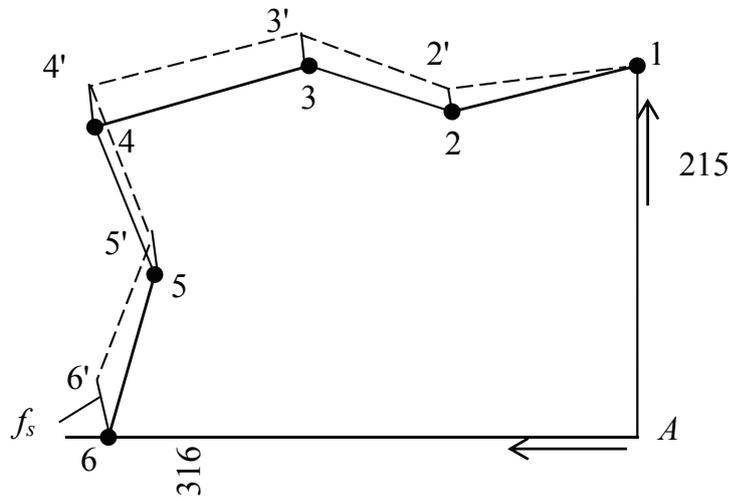
Поправка в положение точки определяется пропорционально расстоянию от исходной точки до той, в положение которой вводится поправка:

$$v_2 = \frac{f_s}{\sum d_i} d_1; \quad v_3 = \frac{f_s}{\sum d_i} (d_1 + d_2);$$

для i -й точки

$$v_i = \frac{f_s}{\sum d_i} (d_1 + d_2 + d_3 + \dots + d_{i-1}). \quad (10.4)$$

Поправки откладывают от соответствующей точки параллельно направлению невязки и находят исправленное положение точек. Соединив их прямыми, получают положение увязанного полигона (рисунок).



Графический способ уравнивания

Построение буссольного хода по координатам пунктов. В результате камеральной обработки координаты пунктов буссольного хода должны быть вычислены в прямоугольной системе координат конкретного лесхоза. Если координаты начального X_n, Y_n и конечного X_k, Y_k пунктов хода неизвестны, то их можно определить графически.

Координаты остальных пунктов вычисляют по известным формулам. Порядок следующий:

1) вычисляют приращения координат:

$$\Delta X = d_i \cos \alpha_i; \quad \Delta Y = d_i \sin \alpha_i;$$

2) находят координаты пунктов в первом приближении:

$$X'_i = X_i + \Delta X; \quad Y'_i = Y_i + \Delta Y;$$

3) определяют невязки по осям координат:

$$f_X = X'_k - X_k; \quad f_Y = Y'_k - Y_k;$$

4) вычисляют абсолютную невязку:

$$f = \sqrt{f_X^2 + f_Y^2};$$

5) определяют допустимую невязку:

$$f_{\text{доп}} = 0,001M,$$

где M – знаменатель масштаба плана;

б) находят поправки к значениям координат в первом приближении:

$$v_X = \frac{-f_x}{\sum d_i} (d_1 + d_2 + d_3 + \dots + d_{i-1});$$

$$v_Y = \frac{-f_y}{\sum d_i} (d_1 + d_2 + d_3 + \dots + d_{i-1}).$$

Все результаты обработки записываются в соответствующую ведомость.

Строится план участка графическим способом с использованием данных журнала буссольной съемки.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Для чего предназначен теодолит?
2. Как классифицируются теодолиты?
3. Поясните принципы измерения горизонтального и вертикального углов.
4. Назовите основные части теодолита, их назначение.
5. Перечислите отсчетные приспособления.
6. Укажите последовательность приведения теодолита в рабочее положение.
7. Назовите основные оси теодолита.
8. Поверки теодолита (формулировка, исполнение, юстировка).
9. Порядок измерения горизонтального угла полным приемом.
10. Измерение вертикального угла (угла наклона). Вычисление места нуля.
11. Измерение расстояния нитяным дальномером.
12. Формула последовательного вычисления дирекционных углов сторон теодолитного хода.
13. Уравнивание горизонтальных углов теодолитного хода. Контроль уравнивания.
14. В чем суть прямой геодезической задачи?
15. Уравнивание приращений координат разомкнутого теодолитного хода.
16. Как определяются невязки в приращениях координат для замкнутого и разомкнутого теодолитных ходов.
17. Вычисление абсолютной и относительной невязок теодолитного хода.
18. Распределение поправок в приращения координат. Контроль вычислений.
19. Сущность обратной геодезической задачи.
20. Укажите основные способы съемки ситуации.
21. Назовите способы построения координатной сетки.
22. Перечислите способы определения площадей участков.
23. Приведите формулы для определения площади аналитическим способом.

24. В чем суть механического способа определения площадей участков?

25. Устройство полярного планиметра.

26. Что такое цена деления планиметра и как она определяется?

27. Уравнивание площадей участков.

28. Устройство буссолей БГ-1 и АР-1.

29. Назовите основные поверки буссолей.

30. Порядок снятия отсчетов по лимбу буссоли.

31. Сущность буссольной съемки.

32. Вычислительная обработка данных буссольной съемки.

33. Графический способ нанесения буссольного хода на планшет.

34. Особенности аналитического способа построения плана буссольной съемки.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Геодезия: учебник / М. С. Нестеренок [и др.]; под общ. ред. М. С. Нестеренок. – Минск: Універсітэцкае, 2001. – 312 с.
2. Несцяронак, В. Ф. Інжынерная геадэзія: падручнік / В. Ф. Несцяронак, М. С. Несцяронак. – Мінск: БДТУ, 1998. – 320 с.
3. Тэадалітная і бусольная здымкі з асновамі тапаграфічнага чарчэння: лаб. практыкум / В. Ф. Несцяронак [і інш.]. – Мінск: БДТУ, 2004. – 66 с.
4. Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500. – Минск: Гос. комитет по имуществу РБ, 2013.
5. Правила проведения лесоустройства лесного фонда: ТКП 377–2012 (02080). – Введ. 11.04.2012. – Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2012. – 54 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
1. Измерение горизонтальных и вертикальных углов	4
Лабораторная работа № 1. Изучение устройства теодолитов	4
Лабораторная работа № 2. Поверки и юстировки теодолитов	12
Лабораторная работа № 3. Измерение горизонтальных и вертикальных углов, расстояний	17
2. Теодолитная съемка	21
Лабораторная работа № 4. Вычисление плановых координат вершин теодолитного хода	23
Лабораторная работа № 5. Составление лесоустроительного планшета	34
3. Определение площадей участков	47
Лабораторная работа № 6. Определение площадей	47
4. Измерение магнитных азимутов и румбов	53
Лабораторная работа № 7. Изучение устройства буссолей	53
Лабораторная работа № 8. Поверки буссолей	56
5. Буссольная съемка	58
Лабораторная работа № 9. Вычислительная обработка журнала буссольной съемки	58
Лабораторная работа № 10. Построение плана участка буссольной съемки	60
Контрольные вопросы	64
Рекомендуемая литература	66

Учебное издание

**Кравченко Ольга Валерьевна
Ковалевский Сергей Владимирович**

**ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДЕЗИЯ.
ТЕОДОЛИТНАЯ
И БУССОЛЬНАЯ СЪЕМКИ
Лабораторный практикум**

Учебно-методическое пособие

Редактор *Т. Е. Самсанович*
Компьютерная верстка *Е. В. Ильченко*
Корректор *Т. Е. Самсанович*

Подписано в печать 11.04.2014. Формат 60×84¹/₁₆.
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 3,9. Уч.-изд. л. 4,0.
Тираж 150 экз. Заказ .

Издатель и полиграфическое исполнение:
УО «Белорусский государственный технологический университет».
ЛИ № 02330/0549423 от 08.04.2009.
ЛП № 02330/12 от 30.12.2013.
Ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск.