

**Министерство образования республики Беларусь  
Учреждение образования  
«Гомельский государственный университет имени  
Франциска Скорины»**

**О.К. АБРАМОВИЧ, А.А. АБРАМОВИЧ, М.Г. ВЕРУТИН**

**УЧЕБНАЯ ПОЛЕВАЯ ПРАКТИКА ПО  
«ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОДЕЗИИ»  
Практическое пособие**

**Гомель 2006**

УДК 528.48(075.8)

ББК 2614Я73

A162

Рецензент:

А.П. Гусев доцент, кандидат геолого-минералогических наук;

В.И.Соловьев директор ЧПУП «ГОМЕЛЬБЕЛГЕОЦЕНТР»

Абрамович О.К., Абрамович А.А., Верутин М.Г.

A162 Учебная полевая практика по инженерной геодезии: практическое пособие для студентов вузов специальности 1-75 01 01 «Лесное хозяйство»/Абрамович О.К., Абрамович А.А., Верутин М.Г.; М-во образования РБ. - Гомель: УО «ГГУ им. Ф. Скорины», 2006 - 149 с.

В практическом пособии освещены задачи инженерной геодезии как одной из наук о Земле и роль инженерной геодезии в лесном хозяйстве. Даны основные понятия геодезии и элементы теории ошибок. Рассмотрены принципы организации и методы производства геодезических работ при измерении углов, длин линий, определении превышений с анализом основных источников ошибок и оценкой точности результатов измерений. Изложены методы построения съёмочного обоснования и производств топографических съёмок в крупных масштабах, методы инженерных работ при озеленении населённых пунктов, в лесоустройстве, лесоинвентаризации, составлении лесных планов и карт, строительстве сооружений лесной промышленности. Описаны оптико-механические и механические приборы, имеющиеся в настоящее время в большинстве лесничеств и на кафедре, ведущий курс «Инженерная геодезия».

УДК 528/48(075.8)

ББК 26.14Я73

© Абрамович О.К., Абрамович А.А.

Верутин М.Г., 2006

© УО «ГГУ им. Ф. Скорины», 2006

## Содержание

Введение.....	6
Содержание практики.....	7
Содержание отчета.....	9
<b>ТОПОГРАФИЧЕСКИЕ КАРТЫ И ПЛАНЫ</b> .....	13
Условные знаки топографических и лесных планов и карт...	13
Изображение рельефа местности на планах и картах.....	18
Лесные карты и атласы.....	19
<b>ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТ</b> .....	22
Основные принципы организации геодезических работ.....	22
Геодезические сети съущения.....	22
Сети планового съемочного обоснования.....	22
Способы съёмки подробностей.....	23
<b>ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ</b> .....	26
Погрешностей измерений.....	26
Способы и средства геодезических вычислений.....	29
<b>ОРИЕНТИРОВАНИЕ НАПРАВЛЕНИЙ</b> .....	31
Азимуты, дирекционные углы и румбы.....	31
Зависимость между горизонтальным углом и дирекционными углами его сторон.....	33
Вычисление горизонтального угла по азимутам и румбам его сторон.....	33
<b>УГЛОВЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ</b> .....	35
Принцип измерения горизонтальных и вертикальных углов.....	35
Измерение горизонтальных углов.....	36
Измерение вертикальных углов.....	37
<b>ЛИНЕЙНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ</b> .....	39
Вешение направлений.....	39
Техника измерения расстояний лентой.....	41
Контроль измерений.....	42
Температурные поправки.....	42
Приведение наклонных отрезков линий к горизонту.....	43
Принцип измерения расстояний оптическими дальномерами.....	44
<b>ПЛАНОВОЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ СЪЕМОЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ</b> .....	46
Прямая и обратная геодезические задачи на плоскости.....	46
Развитие съемочных сетей теодолитными ходами.....	47
Определение расстояний, недоступных для непосредственных измерений.....	53

Четырехугольники без диагоналей.....	55
Плановая привязка съемочного обоснования.....	57
<b>ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ И ОБОРУДОВАНИЕ.....</b>	<b>60</b>
Теодолит 2Т-30.....	60
Буссоли и гониометр.....	62
Мерные ленты и рулетки и их компарирование.....	66
Эклиметр.....	68
Нивелир.....	69
Кипрегель КН.....	72
<b>ТЕОДОЛИТНАЯ СЪЕМКА.....</b>	<b>75</b>
Организация работ при теодолитной съемке.....	75
Полевые работы. Журнал измерений. Абрис.....	76
Вспомогательные приборы, применяемые при теодолитной съемке.....	79
Обработка результатов угловых измерений в теодолитных ... ходах.....	79
Построение плана теодолитного хода по румбам и длинам его сторон.....	85
Вычисление и уравнивание приращений координат....	86
Нанесение точек теодолитного хода на план по координатам.....	89
Составление плана участка местности по материалам теодолитной съемки.....	91
<b>ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ НИВЕЛИРОВАНИЕ.....</b>	<b>93</b>
Способы геометрического нивелирования.....	93
Подготовка трассы для нивелирования.....	95
Измерение углов поворота и ориентирование трассы.....	96
Разбивка пикетажа и поперечников. Съемка ситуации.....	97
Нивелирование по пикетажу.....	99
Плановая и высотная привязка трассы.....	101
Обработка материалов нивелирования по пикетам.....	102
Составление плана и профиля трассы и профилей поперечников.....	104
Проектирование по профилю.....	
Нивелирование поверхности.....	109
<b>ТАХЕОМЕТРИЧЕСКАЯ СЪЕМКА.....</b>	<b>113</b>
Сущность тахеометрической съемки.....	113
Съемка ситуации и рельефа.....	113

Маршрутная тахеометрическая съемка. Съемка отдельного участка.....	117
Обработка материалов тахеометрической съемки и составление плана участка.....	118
<b>МЕНЗУЛЬНАЯ СЪЕМКА</b> .....	122
Сущность мензурной съемки.....	122
Мензурный комплект.....	122
Установка мензулы в рабочее положение.....	123
Съемочное обоснование мензурной съемки.....	124
Съемка ситуации и рельефа.....	128
Кальки высот и контуров. Вычерчивание планшетов.....	130
<b>ГЛАЗОМЕРНАЯ СЪЕМКА</b> .....	132
<b>ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПРИ ЛЕСОУСТРОЙСТВЕ И ОРГАНИЗАЦИИ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА</b> .....	134
Составление лесоустроительных планшетов.....	134
Геодезическое проектирование перенесения на местность объектов лесоустройства и лесоэксплуатации.....	134
<b>ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПРИ ОЗЕЛЕНЕНИИ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ</b> .....	137
Особенности съемки застроенной территории.....	137
Нивелирование проездов, застроенных территорий и парков.....	139
Съемка текущих изменений и нанесение их на дежурные планы населенных мест.....	139
Геодезические работы при проектировании и при перенесении в натуру проекта озеленения населенных пунктов.....	140
<b>ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕПРИСТУПНЫХ РАССТОЯНИЙ И ВЫСОТ НЕДОСТУПНЫХ ОБЪЕКТОВ</b> .....	142
Определение высоты недоступного объекта.....	142
Определение расстояния до недоступного объекта.....	142
<b>ОБРАЩЕНИЕ С ПРИБОРАМИ. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ НА ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТАХ</b> .....	144
Обращение с геодезическими приборами.....	144
Основные правила техники безопасности на топографо-геодезических.....	145
Литература.....	148

## Введение

Практическое пособие написано в соответствии с программой курса «Инженерная геодезия» для специальности Т-И-75-01-01 «Лесное хозяйство» и служит руководством при выполнении студентами первого курса учебной геодезической практики

Главное внимание уделяется вопросам организации и выполнения полевых и камеральных работ, использования геодезических приборов и выполнения их поверок.

В практическом пособии даются теоретические вопросы основных геодезических процессов, выполняемых при лесоустроительных, разбивочных работах и озеленении населенных пунктов. Сведения из теории ошибок измерений позволяют оценить результаты полевых измерений и вычислений. Данное пособие поможет студентам приобрести навыки самостоятельного выполнения работ.

Каждое задание содержит формулировку задачи, перечень приборов для ее решения, методику выполнения и обработки результатов. Дано описание приборов, имеющихся на данный момент на кафедре, что ущемляет пособие в плане его современности.

Цель полевой учебной практики по «Инженерной геодезии»: закрепление знаний, приобретённых на лекционных и лабораторных занятиях по проведению лесоустроительных работ, организации лесного хозяйства при озеленении населённых пунктов. Практика проводится на основе курса «Инженерная геодезия»

Задачи практики:

1. Научиться использовать геодезические методы решения конкретных инженерных задач и подбирать инструментальную базу для их реализации.

2. Обследовать и поверять геодезические приборы и принадлежности, устанавливать их пригодность к работе.

3. Проводить камеральную обработку результатов измерений согласно утверждённым инструкциям.

4. Научиться составлять и вычерчивать топографические планы, профили, схемы на основе результатов обработки полевых данных.

## Содержание практики

Учебная практика проводится после второго учебного семестра по завершении данного курса в летний период (рабочих дней - 18, учебных часов - 108) и состоит из 3-х этапов:

1. организационного;
2. камерально-полевого;
3. камерально-отчётного.

По завершению практики составляется бригадный отчёт, однако учитывается степень участия каждого студента в выполнении программы практики.

Предполагается, что камеральные работы не выделяются в отдельный период, а совмещаются сначала с полевыми, а потом с отчётными в силу их большого объёма.

Бригады формируются в количестве 5 человек, что обеспечивает возможность каждому студенту освоить работу с приборами. Руководитель назначается на 3 бригады, что позволяет дать полноценную консультацию практикантам по выполнению программы практики, так как инструментальная база кафедры не позволяет одновременно всем бригадам выполнять один процесс и находиться на одном полигоне.

Практика заканчивается полевым контролем, защитой отчёта и выставлением оценок по десятибалльной системе каждому студенту-практиканту.

### Организационный период

Организационный период проводится в городе Гомеле в аудитории 0-34, 0-35 главного корпуса, предназначенной для проведения лекционных и лабораторных занятий и включает в себя:

- организационное собрание по формированию бригад, знакомство с графиком работ, рассмотрение теоретических вопросов, необходимых для производства работ и требований к оформлению отчётного материала, сдачи дифференцированного зачёта;
- внешний осмотр снаряжения, оборудования и приборов;
- инструктаж по технике безопасности на топографо-геодезических работах.

### Камерально-полевой период

Камерально-полевой период практики занимает 13 дней и

проводится в зеленых зонах г. Гомеля: парке им. Луначарского в студенческом сквере и во дворе корпуса №3. Продолжительность рабочего дня шесть часов.

Предложенные полигоны имеют разнообразные формы рельефа, ситуацию, имитирующую лесные массивы и зоны отдыха, необходимую плотность геодезических знаков для выполнения и контроля работ. Отсутствие в рабочее время и рабочие дни большого скопления народа на объектах позволяет не отвлекаться во время проведения работ и сохранять временные точки.

Приборы ежедневно сдаются в лабораторию кафедры, принимаются лаборантами в аудитории 0-36, контролируется их исправность и сохранность.

Перечень приборов, принадлежностей и материалов, необходимых для проведения практики в расчете на одну бригаду:

1. Теодолит со штативом и отвесом - 1 комплект.
2. Нивелир со штативом - 1 комплект.
3. Рейки нивелирные трёх метровые - 2 штуки.
4. Мерная лента со шпильками - 1 комплект.
5. Вешки — 2 штуки.
6. Буссоль - 1 штука.
7. Эккер - 1 штука.
8. Эклиметр - 1 штука.
9. Топор - 1 штука.
10. Лопата - 1 штука.
11. Транспортёр - 1 штука.
12. Измеритель - 1 штука.
13. Полевые журналы и ведомости на все виды работ – 1 комплект.
14. Планшет 60х60 см.
15. Чертёжная бумага А-4 - 6 листов.
16. Чертёжные принадлежности

Содержание полевого периода практики

1. Геодезические работы при лесоустройстве.
  - 1.1. Топографо-геодезические работы для составления планов:
    - проложение тахеометрического хода;
    - тахеометрическая съёмка местности;
    - мензуральная съёмка местности;

- простейшие съёмки небольших участков: съёмки с помощью ленты, экерная съёмка, буссольная съёмка, глазомерная съёмка.
- 1.2 Геодезическое проектирование, перенесение на местность объектов лесоустройства.
- 1.3 Нивелирные работы:
  - нивелирование поверхности;
  - проложение хода технического нивелирования.
- 1.4 Геодезические работы при озеленении населённых пунктов:
  - составление дендрологического плана;
  - составление посадочного чертежа.

#### Камеральная обработка полевых материалов

1. Вычерчивание плана по материалам простейших видов съёмки на листе формата А-2 в масштабе 1:500.
2. Обработка материалов тахеометрической съёмки и построения плана.
3. Уравнивание хода технического нивелирования и построение профиля.
4. Составление плана участка в горизонталях по результатам нивелирования по квадратам в масштабе 1:500 с высотой сечения рельефа 0,1 м, и подсчёт объёмов перемещаемых земляных масс при проектировании горизонтальной площадки.
5. Составление дендрологического плана.
6. Составление посадочного чертежа.
7. Определение по плану данных для выноса в натуру запроектированной просеки.

Камеральная обработка проводится параллельно с выполнением полевых измерений, за исключением дня сдачи зачета и ему предшествующего.

### Содержание отчета

1. **Титульный лист**, на котором приводят следующие сведения:
  - название министерства;
  - название учебного заведения;
  - название кафедры, проводящей практику;
  - название дисциплины, по которой проводится практика;

- фамилии, инициалы и росписи всех членов бригады;
  - фамилии и инициалы руководителей;
  - город и год написания отчета.
2. **Содержание**, которое включает в себя название всех структурных частей отчета с названием номеров страниц, на которых размещается начало материала соответствующей части работы.
  3. **Введение**, в котором раскрываются цели и задачи практики, указываются сроки и место прохождения практики, дается физико-географическая характеристика района работ.
  4. **Схема исполненных работ**, которая может составляться на чистой основе, либо на выкопировке из топокарты. Условными обозначениями указываются места проведения отдельных видов работ и их объемы.
  5. **Описание простейших видов съемок**: подробно излагается теория глазомерной съемки, измерение длин линий мерной лентой, прилагается журнал измерения длин линий, вычисления длин пар шагов для измерения расстояний при выполнении глазомерной съемки, описывается конструкция буссоли или ганиометра и порядок работы с ними, способы ориентирования на местности и ориентирование листа карты, связь дирекционных углов и азимутов.

На чертежном листе формата А-2 в масштабе 1:500 в соответствии с действующими условными знаками вычерчивается план участка глазомерной съемки.

6. **Геодезические работы при лесоустройстве**. Дается перечень геодезических работ, выполняемых при лесоустройстве и подробное описание их, включая камеральную обработку:
  - теодолитного и тахеометрического ходов,
  - тахеометрической съемки,
  - мензуральной съемки,
  - геометрических построений для определения параметров недоступных объектов и неприступных расстояний,
  - хода технического нивелирования.

Теоретические вопросы должны дополнять следующие расчетные и графические материалы:

- схема устройства теодолита и таблица поверок,
- журнал проложения тахеометрического хода,
- ведомость расчета по измеренному магнитному азимуту  $A_m$

дирекционного угла начальной стороны,

- ориентированная схема тахеометрического хода с выписанными на ней средними значениями углов и расстояний,
- ведомость вычисления координат пунктов тахеометрического хода (только для дневного отделения),
- ведомость вычисления высот пунктов тахеометрического хода,
- журнал тахеометрической съемки,
- план тахеометрической съемки с одной станции в масштабе 1:500 на формате А-2 с высотой сечения 0,25 - 0,5 метра,
- схема мензульного комплекта,
- таблица поверок мензульного комплекта,
- журнал мензульной съемки,
- план мензульной съемки с одной станцией тахеометрического хода, не задействованной при тахеометрической съемке на формате А-2 в масштабе 1:500 с высотой сечения 0,25 - 0,5 метра,
- журнал двукратного определения высот недоступного объекта со схемой,
- журнал двукратного определения недоступного расстояния,
- схема нивелира и таблица поверок,
- схема хода технического нивелирования,
- журнал технического нивелирования,
- ведомость уравнивания хода технического нивелирования,
- профиль, составленный по материалам технического нивелирования, с решением по нему ряда проектных задач,

**7. Вертикальная планировка участков местности.** Описать процесс нивелирования поверхности, подсчет объемов перемещаемых земляных масс при вертикальной планировке.

Теоретические вопросы необходимо дополнить следующими таблицами и графическими материалами:

- журнал нивелирования по квадратам,
- таблица расчета высот вершин квадратов,
- план участка в горизонталях в масштабе 1:200 с высотой сечения рельефа 0,1 - 0,25 метра,
- ведомость подсчета объема перемещаемых масс, картограмма земляных работ (только для дневного отделения).

## **8. Геодезическое проектирование перенесения на местность объектов лесоустройства.**

Описать задачи проектирования, различные варианты проектирования участков заданной площади.

Прилагается план проектирования участка заданной площади и ведомость вычисления элементов выноса в натуру, составляется разбивочный чертеж (только для дневного отделения).

## **9. Геодезические работы при озеленении населенных пунктов.**

Необходимо описать особенности съемки застроенных территорий, нивелирование проездов, застроенных территорий и парков и нанесение их на дежурные планы населенных мест, перечень геодезических работ при проектировании и при перенесении в натуру проекта озеленения населенных пунктов.

В качестве графического материала представляется дендрологический план и посадочный чертеж в масштабе 1:200 или 1:100.

10. **В заключении** подводятся итоги прохождения практики, дается оценка полевым и камеральным материалам. Каждый студент отчитывается о своем вкладе в выполнение полевых работ и составление отчета.

К отчету прилагается бригадный дневник. Все некондиционные материалы также прилагаются в отчет, рядом с вновь повторенными. Дается обоснование всем отступлениям от инструкций и наставлений.

11. **Техника безопасности при проведении топографо-геодезических работ.**

12. **Литература.**

## ТОПОГРАФИЧЕСКИЕ КАРТЫ И ПЛАНЫ

### **Условные знаки топографических и лесных планов и карт**

Для придания наглядности картам, топографическим и лесным планам применяют соответствующие *условные знаки*.

Для топографических планов и карт пользуются обязательно для всех ведомств и учреждений страны условными знаками, разработанными для разных масштабов. Все условные знаки для ситуации местности делят на немасштабные, знаки для объектов линейного протяжения, контурные, пояснительные и специальные.

*Немасштабными* условными значками изображают малые по площади объекты, контуры которых не выражаются в масштабе плана или карты. В таблице 1 показаны образцы немасштабных знаков некоторых опорных геодезических пунктов для карты масштаба 1:10 000.

*Объекты линейного протяжения* на местности (границы, дорожная сеть, реки и т. п. (табл.2), обозначаются на планах (картах) *линейными* условными знаками.

*Контурными* (площадными), или *масштабными*, условными знаками показывают в масштабе карты (плана) объекты местности с отображением действительных их размеров и формы. Площадь внутри границ таких знаков заполняется соответствующими значками, придавая карте (плану) наглядность. При помощи масштабных условных знаков показывают растительный покров, просеки в лесу, дороги (табл. 3), сельскохозяйственные угодья, населенные пункты, промышленные объекты, гидрографию и др.

Кроме общетопографических, применяют и специальные условные знаки, например для планшетов, планов лесонасаждений и схематических карт лесхозов (табл. 4 и 5).

На планах лесонасаждений в середине каждого лесного участка, т. е. таксационного выдела, в числителе арабскими цифрами пишут порядковый номер участка, римскими - класс возраста данного насаждения, в знаменателе римскими цифрами - класс бонитета, арабскими - класс товарности спелых и перестойных насаждений и группу запаса.

Наряду с этими применяют и другие условные знаки, например для типов условий местопроизрастания, групп типов леса,

Таблица 1. Условные знаки опорных геодезических пунктов

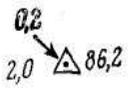
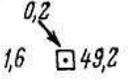
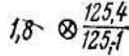
Объект	Обозначение на плане
Пункты государственной геодезической сети	
Астрономические пункты	
Точки съёмочной сети, закрепленные на местности центрами	
Нивелирные марки и реперы грунтовые (числитель — от-метка центра знака, знаменатель — отметка земли)	

Таблица 2 Условные знаки границ для карты масштаба 1:10 000

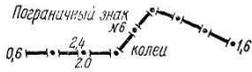
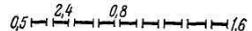
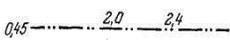
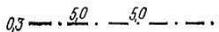
Виды границ	Обозначение на плане
Границы государственные	
Границы союзных республик	
Границы автономных республик	
Границы городской черты	
Деревянные заборы, изгороди	

Таблица 3. Условные знаки древесной растительности  
для карт масштаба 1:10 000

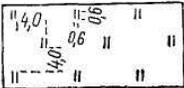
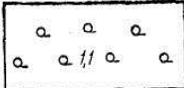
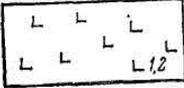
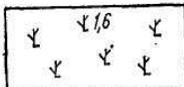
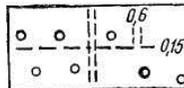
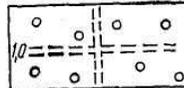
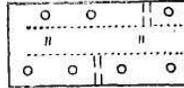
Объект	Обозначение на плане
Луговая растительность	
Поросль леса высотой до 4 м (2 - средняя высота поросли леса в метрах)	
Лесные питомники и молодые посадки хвойного леса (2 — средняя высота деревьев в метрах)	
Редкие леса (редколесье)	
Вырубленные леса	
Горелые и сухостойные леса	
Просеки шириной до 5 м	
Просеки в лесу шириной от 5 до 10 м	
Просеки шириной более 20 м (изображаются в масштабе карты)	

Таблица 4. Условные знаки для населенных пунктов, служебных и производственных помещений для лесных планшетоов, планов лесонасаждений и схем

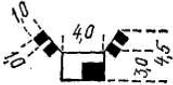
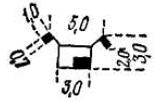
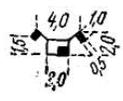
Объект	На плане лесонасаждений	На схеме
Конторы лесхозов		
Конторы леспромхозов		
Конторы лесничеств		
Конторы лесоучастков		
Лесопилки		
Нижние склады		
Базы или склады противопожарного оборудования		
Населенные пункты		
Лесные кордоны		

Таблица 5. Условные знаки для лесных планшетоов и планов лесонасаждений

Лесосеменные участки		Маточные участки и плантации	Плантации древесные и кустарниковые		
Постоян.	Времен.				
<table border="1"> <tr> <td>ПСУ</td> <td>ВСУ</td> </tr> </table>	ПСУ	ВСУ			
ПСУ	ВСУ				
Пашни	Сенокосы	Пастбища (выгоны)			
Кустарники	Сады, виноградники и т.п.	Гари и погибшие насаждения (сухостойники)			
Лесные питомники и древесные школы	Болота	Пески			
Ветровалы и буреломы	Вырубки	Прогалины и пустыри			
Торфоразработки	Служебные наделы	Пасеки (пчельники)			

класса пожарной опасности, для рубок ухода и главного пользования и др.

Кроме условных знаков, содержание карт дополняют соответствующие надписи. Ими пользуются для обозначения собственных названий населенных пунктов, морей, рек, озер, гор, урочищ, количественной характеристики объекта (например, высота горы, ширина дороги, абсолютная отметка точки и т. п.), а также для пояснения качественных особенностей отдельных объектов (качество воды в озерах, колодцах, материал покрытия дорог, род промышленных предприятий и т. п.).

Выбор того или иного шрифта и размер его зависят от характера надписываемого предмета и масштаба карты (плана).

### Изображение рельефа местности на планах и картах

*Горизонтали* - это линии, все точки которых имеют одинаковые абсолютные высоты. Проще говоря, под горизонталями понимают след от пересечения физической поверхности Земли урвенной поверхностью. На рис. 1 показано получение горизонталей на небольшом участке, для которого урвенную поверхность можно принять за плоскость.

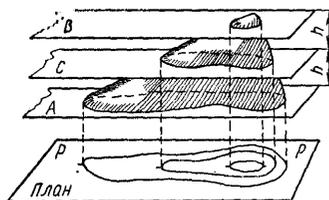


Рисунок 1. Горизонтали

Здесь секущие плоскости *C* и *B* параллельны начальной плоскости *A*. Расстояния между этими плоскостями должны быть одинаковыми, их принято обозначать через *h* и называть *высотой сечения рельефа*.

Места выхода секущих плоскостей наружу переносят на горизонтальную плоскость (план) *PP* методом ортогонального проектирования. На топографических планах (картах) высота сечения устанавливается в зависимости от их масштаба, характера рельефа местности и в соответствии с назначением. Если характерные формы рельефа нельзя отобразить горизонталями с основным сечением, то пользуются *полугоризонталями* с высотой сечения, равной половине основного сечения.

Горизонтали на планах и картах проводят без разрыва через все объекты, за исключением насыпей, выемок, ям, карьеров,

оврагов, промоин шириной не менее 3 мм (в масштабе карты), рек и каналов, если они изображены двумя линиями.

Чтобы иметь возможность соединить отдельные топографические карты или планы, счет горизонталей ведут от основной уровенной поверхности (геоида).

При отображении рельефа горизонталями (рис. 2) особое внимание следует уделять их изгибам, которые должны характеризовать определенную форму рельефа и соответствовать его поперечному профилю. Днища долин и оврагов с пересекающимися у тальвега склонами на планах изображают более остро замыкающимися по водотоку горизонталями, а с широкими вогнутыми днищами - более округло замыкающимися горизонталями; если дно их широкое и плоское, то горизонтали должны пересекать линию тальвега почти под прямыми углами.

Чтобы можно было быстро и правильно представить рельеф местности по горизонталям, на топографических планах подписывают абсолютные отметки отдельных горизонталей и точек и показывают направление склонов, проводя в сторону ската черточки - *бергштрихи*. Подписи отметок помещают в разрывах горизонталей, располагая верх цифр по направлению верха ската. Для большей наглядности каждую кратную пяти или десяти горизонталь выделяют, вычерчивая ее с некоторым утолщением 0,25 мм.

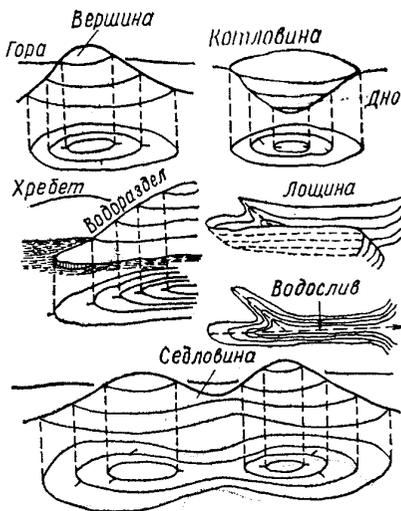


Рисунок 2 Изображение горизонталями основных форм рельефа

### Лесные карты и атласы

Специальные лесные карты разделяются на общеообзорные и региональные.

Общеообзорные карты лесов, составляемые для всей территории Республики или для отдельных ее частей, имеют целью дать

наглядную общую экономико-географическую характеристику лесов позволяющую решать основные проблемы развития лесного хозяйства и лесной промышленности страны.

Региональные карты составляются для отдельных республик, краев и областей. Они предназначены главным образом для решения вопросов связанных с освещением значительных по площади лесных массивов. Для них рекомендованы масштабы от 1:200 000 до 1 :500 000.

Кроме отдельных карт, составляют и издают атласы лесных карт. Они содержат различные тематические карты более крупных масштабов по сравнению с региональными, с тем, чтобы по ним можно было изучать, например, площади, занятые ценными породами, условия произрастания леса и др.

Содержание каждой карты должно возможно полнее отвечать их назначению. Лесные карты относятся к категории специальных, поэтому на них, помимо общегеографических элементов (картографической сетки, гидрографии, населенных пунктов и путей сообщения, промышленных предприятия, средств связи, государственных и административных границ), должны быть показаны площади, занятые лесами, с указанием преобладающих пород возрастных групп, запасов, бонитета и полноты, лесные ПУТИ сообщения, склады, различные лесные промышленные предприятия административные и лесохозяйственные границы, противопожарные вышки, лесные кварталы и пр.; в некоторых случаях на лесных картах отображают рельеф.

Работы по составлению карты складываются из: 1) детального изучения имеющихся планово-картографических материалов и литературных источников территории, которая должна быть показана на карте; 2) разработки программы, называемой *редакционным планом* карты, которая обычно сопровождается приложением образцов наиболее характерных частей карты; 3) подготовки оригинала карты, куда входит вычисление, построение и заполнение ее подробностями ситуации; 4) тщательной проверки оригинала карты.

Основным материалом для составления лесных карт служат планшеты лесоустроительных работ, материалы аэросъемки, планы леспромхозов, лесонасаждений, лесных дорог, промышленных предприятий, находящихся на данной территории, и др. Кроме

того, используют литературные источники, в которых описывается картографируемая территория. В некоторых случаях применяют аэровизуальное обследование лесных массивов, а так-же собирают необходимые сведения на месте. Для составления общегеографической основы лесных карт пользуются соответствующими общегеографическими и топографическими картами. Программа карты определяет ее назначение, масштаб, картографическую проекцию, содержание, используемые планово-картографические материалы, способы нанесения нагрузки (подробностей ситуации), контроль работ и др.

При выборе проекции для лесных карт необходимо исходить из назначения и масштаба карты, географического положения изображаемой территории и ее конфигурации.

При составлении карты ситуацию с используемых планово-картографических материалов переносят на оригинал, т. е. заполняют картографическую сетку подробностями местности, начиная обычно с нанесения административных границ, внутри которых указывают границы леспромхоза, а в них - сеть квартальных просек. Затем внутри каждого квартала наносят контуры ситуации, отбирая при этом только то, что предусмотрено программой карты. В исключительных случаях при составлении карт прибегают к сбору недостающего материала и натуре, проводя соответствующие обследования лесонасаждений.

## **ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТ**

### **Основные принципы организации геодезических работ**

Организация геодезических работ предусматривает: выполнение работ от общего к частному; контроль за результатами измерений и вычислений, осуществляемый как по завершении их, так и на промежуточных стадиях.

Переход от общего к частному требует первоначально определить координаты небольшого числа точек, но с высокой точностью, а затем на основе этих опорных точек вычислить координаты большего числа точек, но с меньшей точностью.

Известно, что ни одно измерение не может быть абсолютно точным. Поэтому выполнение топографо-геодезических работ по принципу перехода от общего к частному способствует уменьшению погрешностей измерений и накоплению их в какой-либо одной части конечных результатов.

#### **Геодезические сети сгущения**

Геодезические сети сгущения служат плано-высотным обоснованием топографических съемок масштабного ряда 1:5000-1:500 и различных инженерных и съемочных геодезических работ, выполняемых в лесном хозяйстве и лесной промышленности.

Сети сгущения могут создаваться как самостоятельные опорные геодезические сети, так и в дополнение к государственной геодезической сети. Они делятся на плановые, состоящие из полигонометрии 4 класса и триангуляции и полигонометрии 1 и 2 разрядов, и высотные, создаваемые техническим (геометрическим) нивелированием.

#### **Сети планового съемочного обоснования**

Съемочное обоснование создается и дополнение к геодезической основе (государственные геодезические сети и сети сгущения) и служит непосредственно для производства топографических съемок и различных инженерных работ.

Геодезическое съемочное обоснование развивается от пунктов государственных геодезических сетей и сетей сгущения и подразделяется на плановое и высотное.

Плановое геодезическое съемочное обоснование создается

проложением теодолитных и мензульных ходов, методом параллактической полигонометрии, построением триангуляционных и геометрических сетей, прямыми, обратными и геодезическими засечками и четырехугольниками без диагоналей.

Плановые координаты пунктов съемочного обоснования должны определяться относительно пунктов государственной опорной геодезической сети и сети сгущения с предельными погрешностями, не превышающими 0,2 мм в масштабе плана для местности открытой или застроенной и не более 0,3 мм для местности с древесной и кустарниковой растительностью.

Высоты пунктов геодезического съемочного обоснования определяются геометрическим (нивелиром, а также горизонтальным лучом визирования с помощью теодолита или кипрегеля) или тригонометрическим (наклонным лучом) нивелированием. С этой целью через точки съемочной сети прокладывают нивелирные ходы, которые могут быть замкнутые или разомкнутые, т. е. опирающиеся на точки с высотами, известными из более точных работ.

Невязка в ходах высотного съемочного обоснования, создаваемого геометрическим способом нивелирования, не должна превышать:  $\pm 5 \cdot \sqrt{L}$  см при работе с нивелиром,  $\pm 10 \cdot \sqrt{L}$  см при нивелировании теодолитом или кипрегелем, а при тригонометрическом нивелировании  $\pm 20 \cdot \sqrt{L}$  см, здесь  $L$  - длина нивелирного хода, км.

Все пункты планового и высотного съемочного обоснования закрепляют на местности знаками различной конструкции.

### **Способы съемки подробностей**

*Съемкой* называют совокупность измерений, необходимых для составления плана местности.

Если для составления плана местности одновременно производят съемку контуров, предметов местности и рельефа, то такую съемку называют *топографической*, если же ограничиваются съемкой только контуров и предметов - *контурной* или горизонтальной. Съемку рельефа местности называют *вертикальной* съемкой.

При горизонтальной съемке определяют плановое положение точек ситуации и предметов местности. При этом пользуются разными способами. Выбор их зависит от условий местности и целей, для которых производят такую съемку.

Способ обхода (теодолитный ход). При этом способе в каждой точке  $1, 2, \dots$  участка (рис. 3.а) измеряют углы  $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$  и длины сторон  $S_1, S_2, \dots, S_n$  между вершинами этих углов. По этим данным можно построить план многоугольника, причем измерения двух сторон и одного угла будут избыточными. Использование их позволит проверить правильность всех измерений, уточнить результаты и оценить их; в этом большое преимущество рассматриваемого способа. Способ обхода применяют не только при съемке границ лесных участков, но и при съемке границ сельскохозяйственных угодий и т. п.

Полярный способ (полярных координат). Применяется преимущественно на открытой местности при съемке небольших участков и отдельных контуров. Для этого примерно в середине снимаемого участка выбирают точку  $M$  (рис. 3.б), координаты которой известны или могут быть определены, устанавливают на ней теодолит и измеряют углы  $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ , составляемые некоторым направлением, например  $M-1$ , и направлением из точки  $M$  на каждую вершину. Кроме того, измеряют расстояния  $S_1, S_2, \dots, S_n$  от точки  $M$  до каждой вершины. Этим данным достаточно для построения плана многоугольника  $1, 2, \dots, n$ .

Способ линейных засечек. Этим способом определяют плановое положение точек, находящихся недалеко от пунктов планового обоснования съемки. Так, например, чтобы получить на плане точку  $A$  (см. рис. 3.б), близко расположенную от точек  $3, 4$  и  $5$ , надо измерить на местности расстояния  $3A, 4A$  и  $5A$  и из соответствующих точек ( $3, 4$  и  $5$ ) плана радиусами  $3A, 4A$  и  $5A$  описать дуги окружностей. Точка пересечения этих дуг будет точкой  $A$  на плане.

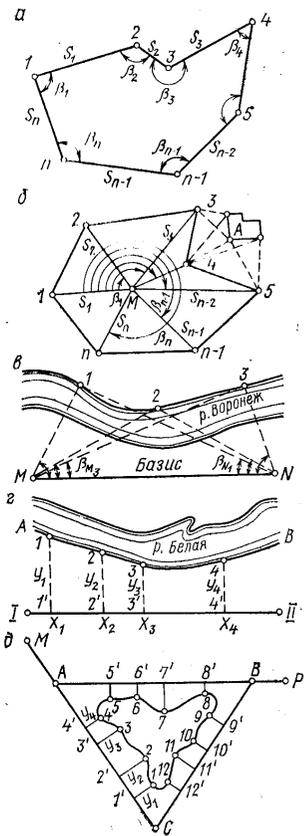


Рисунок 3. Способы съемки подробностей

Способ угловых засечек. Для съемки точек  $1, 2, 3, \dots, n$  контура измеряют базис, например  $MN$  (рис. 3, в), и на концах его углы  $\beta_{M1}, \beta_{M2}, \dots$  и  $\beta_{n1}, \beta_{n2}, \dots$ . Каждая из снимаемых точек, например  $1$ , в треугольнике  $M1N$ , лежит в пересечении сторон, прилегающих к базису. По этим данным можно нанести на план снимаемый контур,

Способ прямоугольных координат. На рис. 3, г показана съемка берега реки этим способом. В данном случае сторону  $1 - //$ , прокладываемую по возможности ближе к снимаемому контуру  $AB$ , принимают за ось абсцисс с началом в точке  $1$ . Для отыскания положения точек  $1, 2, \dots, n$  определяют их прямоугольные координаты. Так, для точки  $1$  находят отрезок  $x_1 = 1 - 1'$ , восставляют к оси абсцисс перпендикуляр  $1'' - 1 = y_1$  и измеряют его. лентой или рулеткой; для точки  $2 - x_2 = 1 - 2'$  и  $y_2 = 2' - 2$  и так для каждой характерной точки контура  $AB$ . При составлении плана на бумаге проводят прямую  $1 - //$  и по найденным координатам наносят точки  $1, 2, \dots$

Способ прямоугольных координат применяют и при съемке ситуации от створов. Если на плане и на местности имеются точки  $M, C$  и  $P$  (рис. 3, д) и требуется произвести съемку контура  $1, 2, \dots, 12$  (горелого леса, торфяника и т. п.). то измеряют прямую от точки  $C$  по направлению к точке  $M$ . Попутно с измерением отрезка  $CA$  определяют абсциссы  $C1', C2', C3'$  и  $C4'$  точек  $1, 2, 3$  и  $4$  и их ординаты  $1' - 1, 2' - 2, 3' - 3, 4' - 4$ . Точка  $A$  должна быть выбрана так, чтобы с нее была видна точка  $P$ . Затем за ось абсцисс с началом в точке  $A$  принимают прямую  $AP$ , измеряют абсциссы и ординаты для точек  $5, 6, 7, 8$  и определяют длину линии  $AB$ . При этом точку  $B$  выбирают так, чтобы при измерении линии  $BC$  не было в створе каких-либо препятствий. И, наконец, принимая за ось абсцисс, (с началом в точке  $B$ ) линию  $BC$ , определяют абсциссы и ординаты для точек  $9, 10, 11$  и  $12$ . По полученным данным можно составить план снимаемого участка.

Комбинированный способ. Если при съемке ситуации применяют одновременно несколько из рассмотренных способов, то такой способ называют комбинированным; его чаще всего используют при съемках.

## ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

### Погрешностей измерений

Ни одно измерение не может быть произведено абсолютно точно, потому что результаты измерений всегда будут содержать погрешности.

Погрешности измерений по своему характеру и свойствам бывают грубые, систематические и случайные.

*Грубые погрешности*, существенно превышающие ожидаемые при данных условиях измерений, происходят в результате невнимательности исполнителя работ; их можно обнаружить повторным измерением.

*Систематические погрешности* бывают постоянные, для которых известен не только их знак (плюс или минус), но и характер, и переменные, изменяющиеся по величине от одного измерения к другому по определенному закону.

*Случайные погрешности* изменяются случайным образом при повторных измерениях одной и той же величины; для них неизвестен характер действия их в каждом конкретном случае. Они подчиняются лишь статистическим закономерностям массовых случайных явлений, и поэтому нет возможности полностью освободить от них результаты измерений.

Средняя квадратическая погрешность измерения. Средняя квадратическая погрешность  $m$  отдельного измерения находится по формуле

$$m = \pm \sqrt{\frac{\Delta_1 + \Delta_2 + \dots + \Delta_n}{n}} \quad (1)$$

где  $\Delta_1, \Delta_2, \dots, \Delta_n$  – случайные погрешности.

Средняя квадратическая погрешность – лучший критерий (мерило) для оценки точности отдельного результата измерения в данном ряду. Однако вследствие ограниченности количества измерений она вычисляется с некоторой погрешностью  $m_m$ , величина которой зависит от числа измерений, а именно

$$m_m = \frac{m}{\sqrt{2n}} \quad (2)$$

Предельная погрешность. Очень часто при оценке точности

прямых измерений пользуются предельной погрешностью измерений  $\Delta_{\text{пред}}$ , определяемой по формуле

$$\Delta_{\text{ПРЕД}} = 2m \quad \text{или} \quad \Delta_{\text{ПРЕД}} = 3m \quad (3)$$

Если в ряду случайных погрешностей  $\Delta_1, \Delta_2, \dots, \Delta_n$  встречается погрешность  $\Delta_k$  по абсолютному значению превышающая величину  $\Delta_{\text{пред}}$  для данного ряда, то такую погрешность считают грубой.

Предельная относительная погрешность. Отношение предельной погрешности к измеряемой величине называется предельной относительной погрешностью  $\delta$ :

$$\delta = \frac{\Delta_{\text{ПРЕД}}}{l} \quad (4)$$

Средняя квадратическая погрешность арифметической середины.

Если  $X$  – истинное значение определяемой величины, а  $L$  – арифметическая середина из всех результатов ее измерений  $l_1, l_2, \dots, l_n$  то разность

$$L - X = \Delta_L \quad (5)$$

дает истинную погрешность арифметической середины.

Средняя квадратическая погрешность арифметической середины равноточных измерений в  $\sqrt{n}$  раз меньше средней квадратической погрешности отдельного измерения.

В практике геодезических работ истинное значение определяемой величины  $X$  чаще всего бывает неизвестно. В этом случае  $m$  определяют по вероятнейшим погрешностям.

$$m = \sqrt{\frac{[V^2]}{n-1}} \quad (6)$$

где  $V$  – уклонение от среднего.

Вероятнейшие погрешности. Если взять разность между каждым результатом измерения и средним арифметическим, то получим величину  $v$  называемую уклонением от арифметической середины или *вероятнейшей погрешностью*

$$l_i - L = v, \quad \sum v = 0 \quad (7)$$

Эту формулу используют для проверки правильности вычисления арифметической середины.

Средняя квадратическая погрешность функций измеренных величин. В практике геодезических работ часто пользуются косвенными методами измерений. В этих случаях искомый результат получается как функция непосредственно измеренных величин. Поэтому способы определения погрешностей таких функций имеют большое практическое значение. При этом погрешность результата будет зависеть не только от погрешностей измеренных величин, но и от тех действий, посредством которых вычислен искомый результат.

Средняя квадратическая погрешность функции общего вида равна корню квадратному из суммы квадратов произведений частных производных по каждому аргументу на среднюю квадратическую погрешность соответствующего аргумента.

$$m_L = \pm \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial l_1} m_1\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial l_2} m_2\right)^2 + \dots + \left(\frac{\partial f}{\partial l_n} m_n\right)^2} \quad (8)$$

**При неравноточных** измерениях степень доверия к каждому результату будет неодинаковая.

Степень доверия к результату принято характеризовать его *весом*, обозначаемым через  $p$ . Весом результата измерения называют величину, обратно пропорциональную квадрату средней квадратической погрешности данного результата, т. е.

$$p = \frac{1}{m^2} \quad (9)$$

$$L_0 = \frac{L_1 p_1 + L_2 p_2 + \dots + L_n p_n}{p_1 + p_2 + \dots + p_n} \quad (10)$$

соответственно

Величину  $L_0$  называют *общей арифметической серединой* или *весовым средним*. Общая арифметическая середина, как и средняя арифметическая, из равноточных измерений является вероятнейшим значением измеряемой величины, полученной из неравноточных измерений.

Погрешность единицы веса. Для оценки точности однородных рядов результатов неравноточных измерений пользуются средней квадратической погрешностью измерения  $m$ , имеющего вес, равный единице; такую погрешность называют *погрешно-*

стью единицы, веса. При этом следует учитывать, что среди них может и не оказаться результата с таким весом.

Если имеются результаты неравноточных измерений какой-либо величины  $l_1, l_2, \dots, l_n$ , полученные со средними квадратическими погрешностями  $m_1, m_2, \dots, m_n$  и с весами  $p_1, p_2, \dots, p_n$  то средняя квадратическая погрешность измерения  $m$ , вес которого равен единице будет равна

$$\mu = \pm \sqrt{\frac{\sum m_i^2 p_i}{n}} \quad (11)$$

При сравнительно большом числе измерений средняя квадратическая погрешность результата близка к истинной поэтому, в формуле погрешности  $m_1, m_2, \dots, m_n$  можно заменить соответствующими истинными погрешностями  $\Delta_1, \Delta_2, \dots, \Delta_n$  получим

$$\mu = \pm \sqrt{\frac{\sum \Delta_i^2 p_i}{n}} \quad (12)$$

Если истинные случайные погрешности измерений  $\Delta_1, \Delta_2, \dots, \Delta_n$  неизвестны, то для вычисления  $\mu$  вместо них можно воспользоваться вероятнейшими погрешностями  $v_{01}, v_{02}, \dots, v_{0n}$  - отклонениями отдельного результата измерений от общей арифметической середины. В этом случае будем иметь

$$\mu = \pm \sqrt{\frac{\sum v_{0i}^2 p_i}{n-1}} \quad (13)$$

Погрешность общей арифметической середины. Если среднюю квадратическую погрешность общей арифметической середины с весом  $P = |p|$  принять за  $M_0$ , а среднюю квадратическую погрешность единицы веса за  $\mu$ , то

$$M_0^2 = \frac{\mu^2}{P} \quad \text{или} \quad M_0 = \frac{\mu}{\sqrt{P}} \quad (14)$$

### **Способы и средства геодезических вычислений**

При геодезических вычислениях пользуются числами, выражающими результаты измерений, и округленными числами, представляющими результаты вычислений или выбираемыми из таблиц. Названные числа (за исключением некоторых постоянных) являются приближенными, они отличаются от точных своими

погрешностями, их точность характеризуется средними квадратическими значениями этих погрешностей.

При действиях с приближенными числами необходимо учитывать их точность, оценивать погрешность результата вычислений и знать требования к его точности. При этом надо пользоваться соответствующими техническими средствами и применять ряд правил, облегчающих и ускоряющих вычислительный процесс.

*Правила действий с приближенными числами.* При математической обработке результатов измерений применяют следующие основные правила вычисления.

1. В алгебраической сумме приближенных чисел следует сохранять столько десятичных знаков, сколько их дано в компоненте с наименьшим числом этих знаков.

2. При умножении и делении приближенных чисел в результате следует сохранять столько значащих цифр, сколько их имеет менее точное из чисел; менее точным считается то число, у которого меньше значащих цифр.

3. При возведении приближенных чисел в степень или при извлечении из них корня и результате следует сохранять столько значащих цифр, сколько их имеется в приближенном числе, участвующем в вычислении.

## ОРИЕНТИРОВАНИЕ НАПРАВЛЕНИЙ

### Азимуты, дирекционные углы и румбы

Для ориентирования направлений пользуются азимутами, дирекционными углами и румбами.

*Азимутом* называется горизонтальный угол, измеряемый по часовой стрелке от северного направления меридиана до направления ориентируемой линии и по абсолютному значению изменяющейся от 0 до 360°. Азимуты, определяемые от географического меридиана, называются истинными ( $A$ ), а от магнитного - магнитными ( $A_m$ ) (рис. 4).

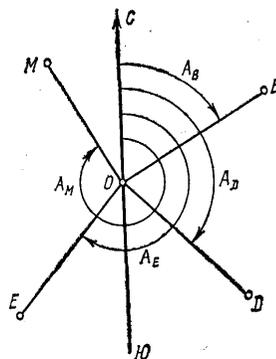


Рисунок 4. Азимуты

Истинный и магнитный азимуты связаны зависимостью

$$A = A_m + \delta \quad (\text{с учетом знака } \delta). \quad (15)$$

Магнитные азимуты даже для сравнительно короткой прямой могут иметь различные значения в разных ее точках, что обусловлено местными аномалиями магнитного поля.

Различают азимуты прямые и обратные. Если провести через точку  $D$  меридиан  $C_1Ю_1$  и прямую  $C'Ю'$ , параллельную меридиану, проходящему через точку  $B$  то для линии  $BD$  (рис. 5) ее азимут  $A$  в точке  $B$  будет прямым, а азимут  $A'$  - обратным.

Из рисунка следует, что обратный азимут

$$A' = A + 180^\circ + \gamma \quad (16)$$

Если сближением меридианов можно пренебречь, то

$$A' = A + 180^\circ \quad (17)$$

*Дирекционным* называется горизонтальный угол  $\alpha$ , отсчитываемый от положительного направления осевого меридиана по часовой стрелке до направления

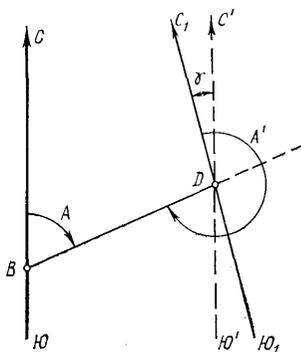


Рисунок 5. Прямой

ориентируемой линии и по абсолютному значению изменяющейся от 0 до 360°. На рис. 6 показаны дирекционные углы линий  $BD$  и  $CM$ , осевой меридиан (ось  $x$ ) и параллельные ему линии  $SN$ , проходящие через точки  $B$  и  $C$ , расположенные к западу и к востоку от осевого меридиана.

Дирекционный угол и истинный азимут связаны следующей зависимостью

$$A = \alpha + \gamma \quad (18)$$

Для линии  $CM$  угол  $a$  будет прямым дирекционным углом, а  $a'$  - обратным. Прямой и обратный дирекционные углы одной и той же прямой отличаются на 180°

$$\alpha = \pm 180^\circ$$

С учетом магнитного склонения и сближения меридианов дирекционный угол будет равен

$$\alpha = A_m + \delta - \gamma \quad (19)$$

Следует иметь в виду, что значение угла  $\alpha$ , полученное по этой формуле, будет приближенным. Это обусловлено свойствами магнитного склонения  $\delta$ .

*Румбом* называется острый горизонтальный угол  $r$ , отсчитываемый от ближайшего направления меридиана (северного или южного) до ориентируемого направления; румбы изменяются от 0 до 90°. Записывая численное значение румба, необходимо указывать название четверти, в которой находится ориентируемое направление:  $CB$ ,  $ЮВ$ ,  $ЮЗ$  и  $СЗ$ .

По названию исходного направления различают румбы истинные, магнитные и дирекционные.

Связь между румбами и азимутами, а также дирекционными углами показана на рис. 7.

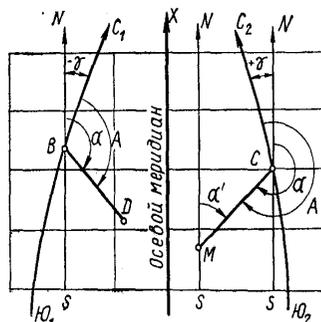


Рисунок 6. Дирекционные углы

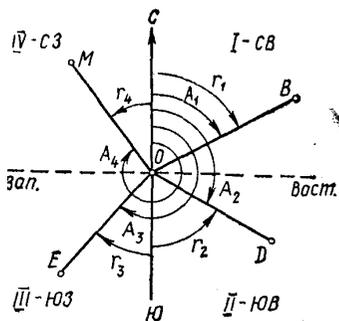


Рисунок 7. Связь между азимутами и румбами

Дирекционные обратные румбы отличаются от прямых румбов только названием четверти. Так, если прямой дирекционный румб линии  $ЮВ:26^{\circ}17'$ , то ее обратный румб  $СЗ:26^{\circ}17'$ .

### Зависимость между горизонтальным углом и дирекционными углами его сторон

Для ломаной линии  $BCD$  (рис. 8,  $a$ ) в направлении от точки  $B$  к точке  $D$  угол  $\beta$  в точке  $C$  будет *правым*, а угол  $\omega$  *левым*. Продолжив линию  $BC$ , покажем ее дирекционный угол. Из рисунка следует, что для линии  $CD$

$$\alpha_{\overline{NC}} = \alpha_{\overline{AC}} + 180^{\circ} - \beta \quad (20)$$

т. е. дирекционный угол следующего направления равен дирекционному углу предыдущего плюс  $180^{\circ}$  и минус правый угол между этими направлениями. А так как  $\beta = 360^{\circ} - \omega$ , то

$$\alpha_{\overline{NC}} = \alpha_{\overline{AC}} - 180^{\circ} + \omega \quad (21)$$

т. е. дирекционный угол следующего направления равен дирекционному углу предыдущего минус  $180^{\circ}$  и плюс левый угол между этими направлениями.

### Вычисление горизонтального угла по азимутам и румбам его сторон

Горизонтальный угол между двумя прямыми, выходящими из одной точки, равен разности их азимутальных углов

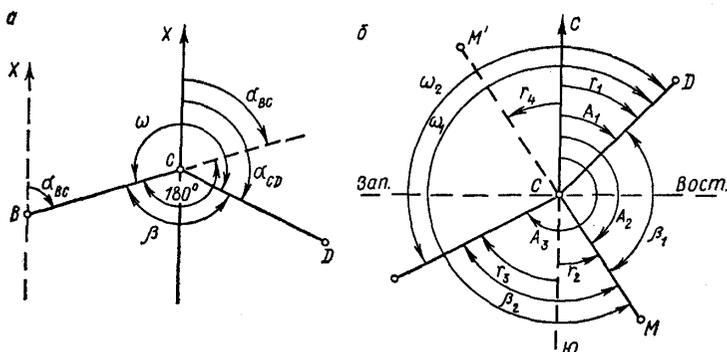


Рисунок 8. К определению горизонтальных углов

$$\beta = A_2 - A_1 \quad (22)$$

При вычислении горизонтального угла между двумя прямыми можно пользоваться также их румбами.

Для ломаной линии  $MCD$  (рис. 8,б) в направлении от точки  $M$  к точке  $D$  правый по ходу угол

$$\beta_1 = A_2 + A_1 = 180^\circ - (r_1 + r_2) \quad , \quad (23)$$

а левый

$$\omega_1 = 360^\circ - (A_1 - A_2) = 180^\circ + (r_1 + r_2) \quad . \quad (24)$$

Аналогично вычисляются горизонтальные углы между линиями, расположенными в других четвертях.

## УГЛОВЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ

### Принцип измерения горизонтальных и вертикальных углов.

При геодезических работах на местности измеряют углы между проекциями на горизонтальную плоскость наклонных линий. Ортогональными проекциями на горизонтальную плоскость наклонных линий  $AB$  и  $BC$  являются отрезки  $ab$  и  $bc$  (рис 9). Горизонтальный угол  $abc = \beta$  - мера линейного двугранного угла  $ABC$ , сторонами которого служат вертикальные плоскости  $ABba$  и  $BCcb$ .

Если над точкой  $B$  установить угломерный прибор с горизонтальным кругом, на котором нанесены градусные деления, лежащие в плоскости  $a'b'c'$ , параллельной плоскости  $P$ , то дуга этого круга  $a'c'$  будет градусной мерой угла  $abc = \beta$ . Прибор должен содержать визирное устройство, например зрительную трубу  $T$ , вращаемую вокруг горизонтальной оси  $OO_1$ , что позволяет определять при помощи визирного луча  $M$ , перпендикулярного оси  $OO_1$ , направление вертикальной плоскости. С визирным устройством прибора должны быть скреплены подвижные отсчетные приспособления для определения на круге точек  $a'$  и  $c'$ . Горизонтальный угол  $\beta$  будет вычислен как разность отсчетов, взятых по кругу при двух последовательных наведениях визирного устройства на цели  $A$  и  $C$ .

Для измерения вертикальных углов служит вертикальный круг того же прибора с делениями, лежащими в вертикальной плоскости  $mO_1n$ , перпендикулярной к горизонтальной оси  $OO_1$ . Круг прибора и его визирное устройство  $7$  вращаются вокруг оси  $OO_1$  совместно, отсчетное же устройство круга неподвижно. Поэтому вертикальный угол  $\nu$ , находящийся в плоскости  $BCcb$ , определится как разность отсчета  $m$ , взятого при наведении визирного устройства на точку  $M_1$ , и отсчета  $n$ , соответствующего горизонтальному положению  $O_1N_1$  визирного луча  $M$ .

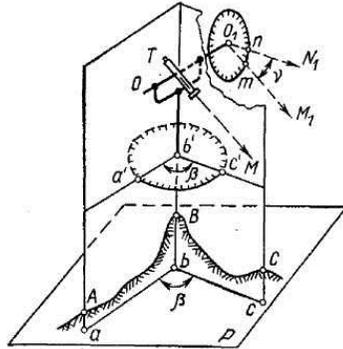


Рисунок 9. Принципы измерения горизонтальных и вертикальных углов

Для совмещения центра горизонтального круга с отвесной прямой, проходящей через вершину  $B$  измеряемого угла, угломерные приборы имеют отвесы. Таким условиям отвечают специальные угломерные приборы - теодолиты.

### Измерение горизонтальных углов

При измерении горизонтальных углов необходимо учитывать возможность появления в результатах измерения погрешностей, обусловленных неточной юстировкой теодолита.

Горизонтальные углы между пунктами могут быть правыми или левыми по ходу. Последовательность наведения зрительной трубы на задний и передний по ходу пункты зависит от того, какой угол (правый или левый) надо измерить. При этом следует учитывать направление (по ходу часовой стрелки или против) нарастания подписей делений лимба.

*Измерение угла способом приемов.* В теодолитах 2Т30 деления лимба подписаны по ходу часовой стрелки. Для измерения ими горизонтального угла  $\beta$  (рис. 10,а) теодолит устанавливают над вершиной этого угла (над точкой 2), приводят его в рабочее положение, закрепляют лимб и, освободив алидаду, последовательно визируют зрительной трубой на вехи, поставленные в точках 1 и 3, лежащих на сторонах горизонтального угла. Измерения при одном положении круга КП и КЛ называются *полуприемом* (рис. 10,б).

Два полуприема составляют полный прием измерения угла. За окончательное значение измеряемого угла принимают среднее значение из двух полуприемов.

Два результата измерения одного и того же угла, полученные в

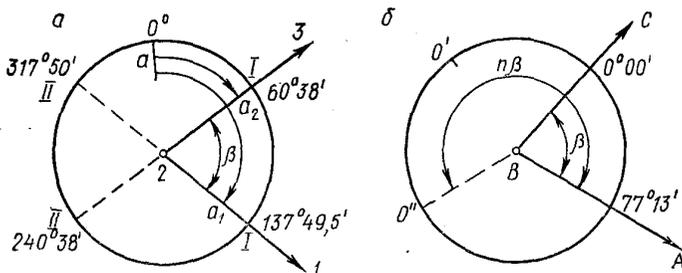


Рисунок 10. Измерение горизонтальных углов:  
а - способом приемов; б - способом полуприемов

первом и втором полуприемах, не должны различаться между собой на величину больше  $2t$  - двойной точности.

*Измерение угла способом круговых приемов.* Если в данной точке требуется измерить горизонтальные углы между несколькими направлениями, пользуются способом круговых приемов. Для этого теодолит приводят в рабочее положение над вершиной измеряемого угла, закрепляют лимб и, вращая алидаду по ходу часовой стрелки, последовательно визируют на все точки по заданным направлениям. Отсчеты берут по горизонтальному кругу. Последнее визирование производят снова на начальную точку. Полученный при этом отсчет по горизонтальному кругу не должен отличаться от того, который был взят при первоначальном визировании на эту же точку, на величину, превышающую  $2t$  - двойную точность отсчетного устройства. Такие действия с теодолитом составляют *первый полуприем*.

После этого зрительную трубу теодолита переводят через зенит и снова последовательно визируют на те же точки, но в обратном порядке, т. е. вращая алидаду против хода часовой стрелки. Заканчивают измерение визированием и отсчетом на начальную точку. Эти действия составляют *второй полуприем*. Из двух полуприемов складывается один прием измерений. Таких приемов делают несколько, но перед каждым из них переставляют горизонтальный лимб на угол  $360^\circ/n$ , где  $n$  - число приемов.

*Измерение угла способом повторений.* Способ повторений применяют с целью повышения точности измерения угла за счет некоторого уменьшения в нем погрешностей отсчетов. Сущность способа состоит в том, что при одном и том же положении вертикального круга горизонтальный лимб  $n$  раз последовательно поворачивают на величину измеряемого угла  $\beta$ , как бы многократно откладывая на лимбе этот угол до значения  $n\beta$ .

### **Измерение вертикальных углов**

Различают два вида вертикальных углов: зенитное расстояние и угол наклона (рис. 11).

*Зенитное расстояние* - это угол между отвесной линией и линией визирования (углы  $z_1$  и  $z_2$ ).

*Угол наклона* - это угол между горизонтальной плоскостью и линией визирования. Углы считаются положительными (угол  $v_1$ ), если линия визирования выше горизонтальной плоскости, и отри-

цательными (угол  $v_2$ ), если линия визирования ниже горизонтальной плоскости.

Для измерения зенитных расстояний и углов наклона служат вертикальные круги приборов - теодолитов, кипрегелей.

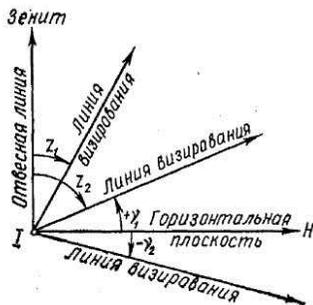


Рисунок 11. Измерение вертикальных углов

## ЛИНЕЙНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ

При лесных съемках и в лесоинженерном деле расстояния на местности измеряют либо непосредственно, при помощи мерных приборов (стальных лент, рулеток, проволочных дальномеров и др.), либо косвенно - дальномерами. Конечные точки измеренных расстояний на местности должны быть закреплены (обозначены) знаками. При съемочных работах опорные точки также закрепляют временными и постоянными знаками. В качестве временных знаков используют деревянные колья и столбы, металлические трубки и стержни, кованые гвозди. Для постоянного закрепления опорных пунктов применяют стальные трубы в бетонном якоря, железобетонные столбы, зарываемые в землю на глубину до 1,5-2 м и имеющие общую длину 1,5-2,5 м. Размеры и конструкция типовых знаков указаны в соответствующих инструкциях.

В процессе съемки местности и обозначения отрезков линий пользуются переносными геодезическими знаками, деревянными вехами диаметром 3-6 см, длиной 1,5-3 м, окрашенными полосами красного и белого цвета. Нижний конец вехи оковывают заостренным стальным наконечником.

### Вешение направлений

Прежде чем приступить к измерению расстояния, следует расчистить местность вдоль измеряемого отрезка линии от кустарника, высокой травы, валежника и других препятствий. Перед измерением расстояния концы его отмечают вехами. Вертикальная плоскость, проходящая через две точки местности, называется *створом*. Установка вех в створе называется *вешением*. Вешение производят, если измеряемые расстояния составляют более 100 м. Вехи в створе выставляют с помощью бинокля или теодолита при длинных отрезках линий и на глаз - при коротких. При этом могут применяться различные приемы вешения;

- установка промежуточных вех между двумя точками *A* и *B* (рис. 12). В точках *B* и *A* ставят вехи. Наблюдатель занимает место позади вехи в точке *B*. По его указанию устанавливают вехи в точках *1*, *2* и т. д. Каждая новая веха должна закрывать от наблюдателя все ранее поставленные вехи, начиная с дальней.
- продолжение отрезка линии (рис. 12). Вначале обозначают

вехами точки  $C$  и  $D$ , затем для продолжения линии  $CD$  вешают ее на себя, последовательно выставляя вехи  $1, 2, 3, \dots$  в створе линии  $CD$

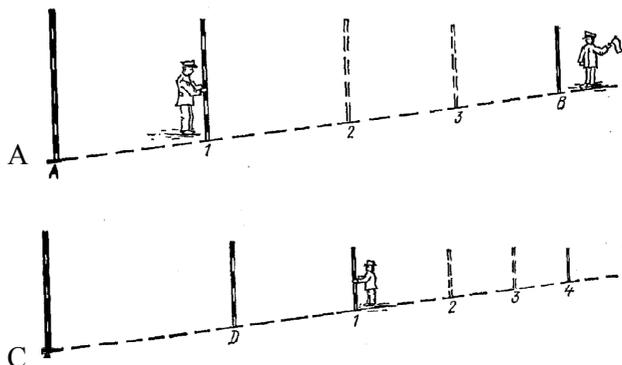


Рисунок 12. Вешание линий

- вешение через возвышенность, которая закрывает взаимную видимость между точками  $A$  и  $B$  (рис. 13,а). Установив вехи в точках  $A$  и  $B$ , выставляют веху  $1$  в произвольной точке  $1'$  (рис. 13,б), откуда видны вехи  $A$  и  $B$ . После этого устанавливают веху  $2$  в створе линии  $1-B$  так, чтобы были видны вехи  $A$  и  $B$ . Затем веху  $1$  переносят из точки  $1'$  в створ линии  $2'-A$ , далее веху  $2$  перемещают из точки  $2'$  в створ линии  $1''-B$  и т. д. Работу продолжают до тех пор, пока вехи  $1$  и  $2$  не окажутся в створе линии  $AB$ .
- вешение через препятствие, например через лес, закрывающий видимость по линии  $AB$  (рис. 14).

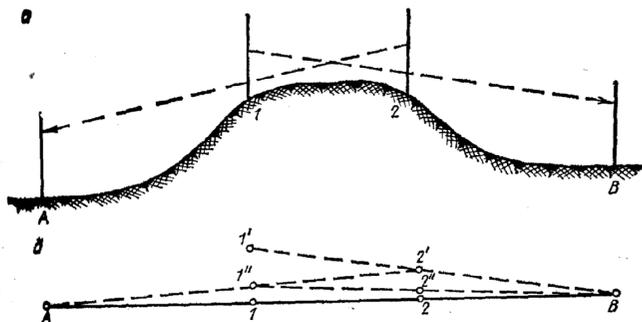


Рисунок 13. Вешание через возвышенность: а - профиль; б - план

Здесь следует выбирать вспомогательную точку  $E$ , с которой видны точки  $A$  и  $B$ . В створе линии  $AE$  ставят веху в точке  $K$ . При помощи теодолита или гониометра измеряют угол  $\beta$  в точке  $E$ , а лентой - длины линий  $BE$ ,  $EK$  и  $KA$ . Для определения на местности точки  $C$ , которая должна быть расположена в створе линии  $AB$  переходят в точку  $K$ , откладывают от направления  $KA$  угол  $\beta$  и устанавливают вспомогательную веху  $F$ . В створе линии откладывают отрезок  $KC$ :

$$KC = BE \frac{KA}{AE}$$

После этого вдоль линии  $AC$  в лесу прорубают визир, открывая видимость из  $A$  на точку  $B$ .

#### Техника измерения расстояний лентой

Измерения производят двое мерщиков. При первом отложении ленты передний мерщик берет комплект из 11 или 6 шпилек, оставляя одну заднему мерщику, который совмещает свой конец ленты с начальной точкой измеряемого расстояния и закрепляют его шпилькой. Передний мерщик натягивает ленту и, встряхивая ее, укладывает в створе измеряемого отрезка, руководствуясь сигналами заднего, затем вставляет в вырез ленты шпильку. Шпильку следует ставить в землю сначала с небольшим наклоном в сторону заднего мерщика и после некоторого ее углубления устанавливать в отвесное положение, что способствует лучшему натяжению ленты.

После первого откладывания ленты задний мерщик выдергивает свою шпильку, а передний мерщик свою шпильку оставляет в земле. Ленту протаскивают вперед и цепляют ее вырезом заднего конца на оставленную шпильку. Второе и последующие откладывания ленты выполняют в том же порядке, как и первое. Во время натяжений ленты задний мерщик должен прижать ее конец ногой к земле во избежание сдвига.

Когда передний мерщик поставит последнюю, десятую,

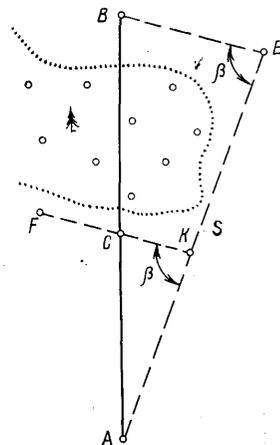


Рисунок 14. Вешание через лес

шпильку, то при длине ленты  $l=20$  м измеренное расстояние составит 200 м. Если число шпилек в комплекте равно 6, то передний мерщик должен иметь 5 шпилек, и после установки им последней шпильки расстояние будет равно 100 м. В этот момент задний мерщик снимает заднюю шпильку, переходит к переднему мерщику и передает ему 10 (или 5) шпилек по счету, после чего измерения продолжают от последней шпильки, поставленной передним мерщиком.

Каждую передачу шпилек отмечают в журнале для измерения расстояний. Остатки измеряемых расстояний, которые короче длины одной ленты, определяют отсчетами по ленте от ее заднего конца, руководствуясь подписями делений на ленте, возрастающими в направлении измерения остатка.

Длину  $S$  измеряемого расстояния вычисляют по формуле

$$S = l_0 n + r \quad (25)$$

где  $n$  - число отложенных лент;  $r$  - длина остатка ленты.

Если мерная лента имеет длину  $l_0 \pm \Delta l = 20 \text{ м} \pm \Delta l_k$  (где  $\Delta l_k$  - разница между фактической и номинальной длиной ленты;  $l_0 = 20$  м), то

$$S = 20n \pm \Delta l_k n + r \pm \Delta l_k \quad (26)$$

Здесь последнее слагаемое выражает поправку к значению  $S$ , приходящуюся на остаток  $r$ . В этой формуле поправки  $\Delta l_k$ , имеют знак плюс, если рабочая лента длиннее номинала (20 м), и минус, если короче. Указанные поправки не учитывают, если их величина составляет 1:10000 от длины ленты, т. е. 0,002 м при  $l=20$  м.

### Контроль измерений

Для контроля определяемые расстояния измеряют дважды: один раз в прямом, другой - в обратном направлении. Предельные расхождения  $\Delta S_{пред}$  между результатами прямого и обратного измерений не должны быть больше относительной погрешности

$$\frac{\Delta S}{S} = \frac{1}{2000} + \frac{1}{1000} \quad (27)$$

### Температурные поправки

Если разница между температурой  $t_k$  компарирования рабочей ленты и ее температурой  $t$  при измерениях превышает 8-10°, то в результат измерения расстояния вводят температурную по-

правку  $\Delta S_t$ :

$$\Delta S_t = \alpha S(t - t_K) \quad (28)$$

здесь  $\alpha = 0,000012$  - коэффициент линейного расширения стальной ленты (рулетки). Так, если  $t_K = +20^\circ\text{C}$ ,  $t = -10^\circ\text{C}$ ,  $S = 100$  м, то

$$\Delta S_t = 0,000012 \cdot 100 (-10^\circ - 20^\circ) = -0,036 \text{ м}$$

Т.е. результат измерения следует уменьшить на 3,6.

### Приведение наклонных отрезков линий к горизонту

Для составления планов местности необходимо знать горизонтальные проложения расстояний.

*Горизонтальное проложение.* Для определения горизонтального проложения  $s = AB'$  (рис. 15) на местности измеряют расстояние  $S = AB$  и угол его наклона  $\nu$  к горизонту. В этом случае

$$s = S \cos \nu \quad (29)$$

Горизонтальное проложение  $s$  получают, внося в измеренное наклонное расстояние  $S$  поправку  $\Delta s$ :

$$s = S + \Delta s \quad (30)$$

откуда

$$\Delta s = -(S - s) = -(S - S \cos \nu) = -2S \sin^2 \nu / 2 \quad (31)$$

следовательно, величины  $\Delta s$ , называемые *поправками для приведения наклонных расстояний к горизонту*, всегда вычитают из измеренных расстояний. Составлены специальные таблицы поправок  $\Delta s$ , которыми пользуются на практике.

Поправку  $\Delta s$  можно определить и иначе, если известно  $h$  - превышение концов измеряемого расстояния. Из прямоугольного треугольника  $ABB'$  следует, что

$$h = S^2 - s^2 = (S - s)(S + s) \quad (32)$$

здесь  $S + s \approx 2S$ , а  $(S - s) = -\Delta s$ , поэтому

$$\Delta s = -\frac{h^2}{2S} \quad (33)$$

Горизонтальные проложения не вычисляют, если углы наклона измеряемых расстояний меньше  $1,5^\circ$ .

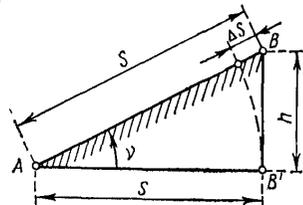


Рисунок 15. Горизонтальное проложение линии

На крутых недлинных склонах горизонтальное проложение  $s$  отрезка  $AB$  (рис. 16, а) можно найти при помощи рейки с накладным уровнем - ватерпаса.

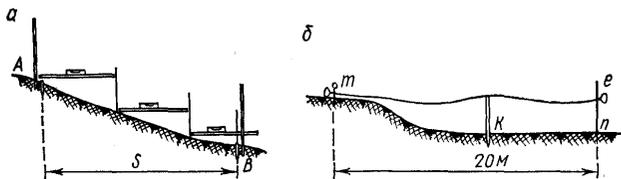


Рисунок 16. Определение горизонтального проложения: а - при помощи ватерпаса; б - лентой

На рис. 16, б показан способ получения горизонтального проложения при работе с землемерной лентой. Задний мерщик удерживает ленту на шпильке в точке  $m$ , а передний натягивает ленту, придавая ей горизонтальное положение на глаз. Место передней шпильки находят при помощи отвесно поставленной вешки  $ne$ . Для большей точности измерения ленту поддерживают в ее середине кольшком  $K$ .

### Принцип измерения расстояний оптическими дальномерами

*Дальномеры* - это приборы, предназначенные для косвенного измерения расстояний. Принцип работы оптических дальномеров основан на решении прямоугольного или равнобедренного треугольника (рис. 17). Основание треугольника  $MN=b$  называется *базисом* дальномера, а угол  $\varphi$  - *параллактическим углом*. Из прямоугольного треугольника  $ABN$  следует, что  $S=AB$ :

$$S = \frac{b}{2} \operatorname{ctg} \frac{\varphi}{2} \quad (34)$$

Оптические дальномеры могут быть с постоянным параллактическим углом и переменным базисом или с переменным параллактическим углом и постоянным базисом.

*Оптические дальномеры с постоянным углом.* По этой схеме построены нитяной и ряд дальномеров двойного изображения. При постоянном значении параллакти-

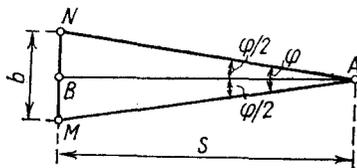


Рисунок 17. Параллактический треугольник

ческого угла  $\varphi$

$$S = Kb \quad (35)$$

где  $K$  - коэффициент дальномера (постоянное число), а  $b$  определяют при помощи дальномера.

*Оптические дальномеры с постоянным базисом.* Для измерения переменного угла  $\varphi$  при постоянной длине  $b$  базиса служат дальномеры двойного изображения, а также точные теодолиты. Расстояние  $S$  вычисляют по формуле (34).

## ПЛАНОВОЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ СЪЕМОЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ

### Прямая и обратная геодезические задачи на плоскости

*Прямая геодезическая задача* заключается в определении координат  $x_2$  и  $y_2$  точки 2 (рис. 18, а), если известны координаты  $x_1$  и  $y_1$  точки 1, расстояние  $s$  между точками 1 и 2 и дирекционный угол  $\alpha$  или румб  $r$  линии 1-2.

Из рисунка следует, что

$$x_2 = x_1 + \Delta x_2, \quad y_2 = y_1 + \Delta y_2 \quad (36)$$

$$\text{где } \Delta x_2 = s \cos \alpha \quad (37)$$

$$\Delta y_2 = s \sin \alpha \quad (39)$$

или в соответствии с рисунком

$$\Delta x_2 = \pm s \cos r, \quad \Delta y_2 = \pm s \sin r \quad (40)$$

*Обратная задача* сводится к определению дирекционного угла  $\alpha$  или румба  $r$  линии 1-2 (см. рис.18, а) и ее длины  $s$ , если известны координаты  $x_1, y_1$  и  $x_2, y_2$  точек 1 и 2.

Дирекционный угол  $\alpha$  определяют по формуле

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\Delta y_2}{\Delta x_2} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}, \quad \alpha = \operatorname{arctg} \frac{\Delta y_2}{\Delta x_2} \quad (41).$$

Длину линии  $s$  вычисляют по формуле  $s = \Delta x \sec \alpha = \Delta y \operatorname{cosec} \alpha$

При решении обратной задачи этим способом сначала вычисляют не дирекционный угол  $\alpha$ , а соответствующий ему румб  $r$ , т. е.

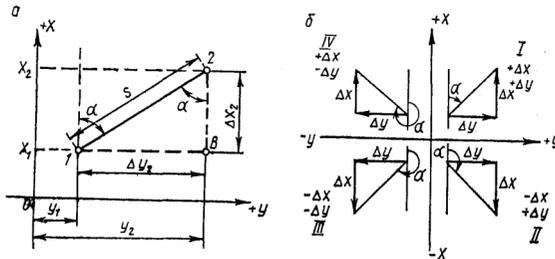


Рисунок 18. Прямая и обратная геодезическая задача

$$tgr = \frac{|\Delta y_2|}{|\Delta x_2|}, \quad (42)$$

А учитывая знаки  $\Delta x_2$  и  $\Delta y_2$ , (см. рис. 18,б) устанавливают название румба  $r$  (четверть) и от него переходят к определению искомого дирекционного угла  $\alpha$ .

Эту же задачу можно решить так. Из рис. 18,а следует, что искомое расстояние

$$s = \sqrt{\Delta x_2^2 + \Delta y_2^2}. \quad (42)$$

Определив расстояние  $s$  можно получить угол  $\alpha$ :

$$\alpha = \arccos \frac{\Delta x}{s} = \arcsin \frac{\Delta y}{s} \quad (43).$$

### Развитие съемочных сетей теодолитными ходами

Теодолитные ходы являются одним из видов планового геодезического съемочного обоснования. Они позволяют вычислять координаты точек отдельных участков в единой системе координат. Кроме того, их используют при трассировании направлений, при учете и отводе земель для сельского хозяйства, при лесомелиоративных работах и широко применяют в лесоустройстве.

В теодолитных ходах плановое положение  $(n+1)$  точки хода (ее координаты) определяют относительно точек  $(n-1)$  и  $n$ . Для того в теодолитных ходах измеряют горизонтальный угол  $\beta_n$  при точке  $n$  и расстояние между точками  $n$  и  $(n+1)$ .

Теодолитные ходы бывают *свободные*, т. е. имеющие ни одной исходной точки и проектирование которых допускается в исключительных случаях, и ходы, *опирающиеся на исходные точки* (не менее чем на две), координаты которых известны и не подлежат изменению при вычислении координат остальных точек хода.

Теодолитный ход может быть *разомкнутый* (рис. 19,а), *замкнутый*, например, ход  $M, 1, 2, \dots, C, \dots, 5, \dots, D, 7, \dots, N, 9, \dots, 12, M$  (рис. 19,б) и *висячий*, опирающийся только одним концом на точку с известными координатами, например ходы  $5mn$  и  $MaBc$  (см. рис. 19,б); для них  $5$  и  $M$  - твердые точки.

Для контроля угловых и линейных измерений или для съемки подробностей (ситуации) местности внутри замкнутых ходов прокладывают один или несколько *диагональных ходов* (что зависит

от размера снимаемой территории), например  $CQN$  и  $MQD$  (см. рис. 19,б). Точки, в которых пересекается не менее трех теодолитных ходов, называются *узловыми*, например точки  $M, C, D, W$  и  $Q$  на рис. 19,б.

Для ориентирования свободных теодолитных ходов на одну из сторон такого хода передают дирекционный угол при помощи

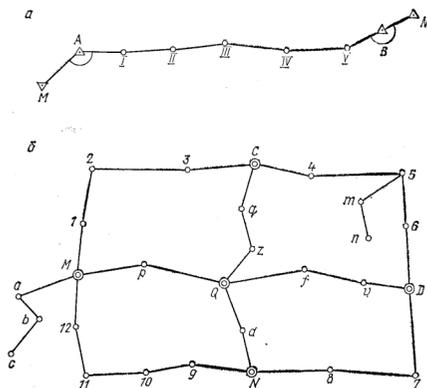


Рисунок 19. Теодолитные ходы

вспомогательного хода, прокладываемого от твердой стороны, дирекционный угол которой известен. При значительном расстоянии от твердой стороны до свободного теодолитного хода последний ориентируют определением истинного азимута для одной из сторон хода.

Теодолитные ходы делят на два разряда. Ходы 1 разряда прокладываются с относительной погрешностью не грубее 1:2000, а 2 разряда - не грубее 1:1000.

При проложении теодолитных ходов, кроме составления проекта, выполняются полевые и камеральные работы.

К полевым работам относятся рекогносцировка и закрепление на местности точек хода, измерение сторон и горизонтальных углов на точках поворота хода, плановая привязка к твердым сторонам или определение истинного азимута одной из сторон хода.

Камеральные работы состоят из математической обработки результатов угловых и линейных измерений и вычисления истинного азимута, связанных с определением координат точек поворота теодолитного хода.

*Составление проекта.* Перед проведением полевых работ составляют проект теодолитных ходов преимущественно на картах 1:10000 или 1:25000 масштабов. На них наносят границы участка, подлежащего съемке, и будущих планшетов и все имеющиеся на данной территории точки государственной сети, сети сгущения и съемочной сети, координаты которых известны. После этого проектируют теодолитные ходы, длины сторон которых зави-

сят от масштаба съемки, следует избегать резкого перехода от коротких сторон к длинным. Замкнутые теодолитные ходы не должны быть сильно вытянутыми. При отношении ширины замкнутого хода к его длине, меньшем 1:2, в наиболее узкой части такого хода проектируют поперечные теодолитные ходы.

Отдельные теодолитные ходы должны пересекаться только на углах поворота. В зависимости от точности измерения горизонтальных углов и сторон теодолитные ходы проектируют различной длины, что регулируется общегосударственными и ведомственными инструкциями по прокладке, теодолитных ходов.

Топографические съемки масштабов 1:5000 и 1:2000 можно проектировать только на съемочном обосновании на участках в 20 и 10 км<sup>2</sup>, если на них отсутствуют пункты государственной геодезической сети или сети сгущения и если эти съемки в ближайшее время не будут развиваться.

Теодолитные ходы намечают в направлениях наилучшего использования их для съемки участка и по возможности по местам с малыми углами наклона и благоприятным для измерения сторон хода (по дорогам, просекам, границам участков и землепользованию, по трассам намечаемых путей сообщений и каналов, берегам рек, по луговой террасе и пр.).

Поворотные точки теодолитных ходов выбирают так, чтобы они обеспечивали удобную постановку на них теодолитов, максимальную возможность использования их при съемке ситуации местности и позволяли определять с них переходные точки.

*Рекогносцировка и закрепление точек хода.* Имея проект ходов, производят детальную рекогносцировку местности в целях изучения ее для наиболее выгодного выбора направления запроектированных теодолитных ходов. Осматривают все имеющиеся на данной территории твердые пункты (государственной сети, сети сгущения и съемочной сети) и окончательно намечают местоположение всех поворотных точек хода. При этом, отмечают такие постоянные предметы местности, координаты которых должны быть определены попутно с проложенным теодолитного хода, и уточняют границы участка, подлежащего снятию с данного хода. Необходимо предусматривать прочное закрепление точек поворота теодолитного хода, что дает возможность использовать их не только для съемочных и изыскательских, но и для различ-

ных разбивочных работ (перенос проекта в натуру). Создание постоянных теодолитных ходов путем прочного закрепления их точек поворота позволит улучшить согласованность съемок, выполняемых на одной и той же территории, но в разное время.

*Измерение сторон и углов в теодолитных ходах.* Стороны в теодолитных ходах 1 и 2 разрядов измеряют предварительно прокомпарированными мерными лентами с точностью соответственно 1:2000 и 1:1000 или дальномерами. Углы наклона для сторон хода определяют, если они превышают  $1^{\circ}30'$ .

Горизонтальные углы (правые или левые) на всех точках поворота ходов измеряются теодолитом не менее тридцатисекундной точности одним полным приемом с перестановкой лимба между полуприемами на  $90^{\circ}$ . Разности в углах, полученные при двух полуприемах, не должны превышать примерно  $45''$ .

*Обработка результатов измерений.* Обработку результатов начинают с тщательной проверки записей в журналах измерения углов и сторон теодолитных ходов. При этом повторно вычисляют все значения, полученные как средние из результатов измерений, и определяют горизонтальные проложения сторон хода, для которых измерялись углы наклона. Затем в произвольном масштабе, пользуясь транспортиром, по измеренным горизонтальным углам и длинам сторон составляют схематический чертеж теодолитных ходов. На чертеже выписывают средние значения измеренных углов, горизонтальные проложения сторон хода и все используемые твердые пункты и стороны с указанием их координат и дирекционных углов.

*Вычисление координат разомкнутого теодолитного хода.* Избыточные измерения (углов и сторон) в теодолитном ходе позволяют уравнивать результаты измерений для нахождения поправок в измеренные величины для получения их вероятнейших значений. Результаты вычислений по уравниванию теодолитных ходов записывают в ведомости.

Угловая невязка в теодолитных ходах считается допустимой, если

$$|f_{\beta}| \leq 1^{\circ} \sqrt{n} \quad (44)$$

где  $n$  - число всех измеренных углов, считая примычные. Допустимую невязку  $f_{\beta}$  распределяют на все измеренные углы,

вводя в них поправки со знаком, противоположным знаку невязки

$$\Delta\beta = \frac{f_\beta}{n} \quad (45)$$

По исправленным углам  $\beta' = \beta + \Delta\beta$  вычисляют дирекционные углы всех сторон хода (рис. 19,а), пользуясь формулой

$$\alpha_{E_{i+1}} = \alpha_{E_i} + \beta_i - 180^\circ, \text{ если углы } \beta' \text{ левые по ходу}$$

$$\alpha_{E_{i+1}} = \alpha_{E_i} - \beta_i + 180^\circ, \text{ если углы } \beta' \text{ правые по ходу.}$$

После этого вычисляют приращения прямоугольных координат  $\Delta x$  и  $\Delta y$  по формулам (36) и (37) или (38).

Для теодолитного хода, проложенного между твердыми пунктами (точками), координаты которых  $X_A, Y_A$  и  $X_B, Y_B$  (рис. 19,а), теоретически справедливы следующие равенства:

$$X_A + \sum_{i=1}^{n-1} \Delta x_i - X_B = 0 \quad (46)$$

$$Y_A + \sum_{i=1}^{n-1} \Delta y_i - Y_B = 0 \quad (47)$$

Из-за неточного измерения сторон теодолитного хода и не абсолютно точных углов будут иметь место невязки:

$$f_x = X_A + \sum_{i=1}^{n-1} \Delta x_i - X_B \quad ; \quad (48)$$

$$f_y = Y_A + \sum_{i=1}^{n-1} \Delta y_i - Y_B \quad , \quad (49)$$

а линейная невязка всего теодолитного хода

$$f = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} \quad (50)$$

Для теодолитного хода 1 разряда допустимая невязка  $f \leq \frac{1}{2000} L$ ,

а для второго разряда  $f \leq \frac{1}{1000} L$ , где  $L$  – длина теодолитного хода.

Если полученная невязка  $f$  допустима, то невязки  $f_x$  и  $f_y$  должны

быть устранены введением в вычисленные значения  $\Delta x$  и  $\Delta y$  соответствующих поправок со знаком, противоположным знакам отвечающих невязок. Поправки  $\Delta f_x$  и  $\Delta f_y$  к вычисленным приращениям определяют по формулам:

$$v_{xi} = -\frac{f_x}{L} s_i \quad \text{и} \quad v_{yi} = -\frac{f_y}{L} s_i, \quad (51)$$

где  $L$  – длина теодолитного хода,  $s$  – его сторона.

Затем по исправленным приращениям

$$\Delta x' = \Delta x - v_{xi}$$

$$\Delta y' = \Delta y - v_{yi} \quad (52)$$

вычисляют координаты точек хода по формулам:

$$x_i = X_A + \sum_1^i \Delta x'_i$$

$$y_i = Y_A + \sum_1^i \Delta y'_i \quad (53)$$

Вычисление координат замкнутого теодолитного хода. Для замкнутого теодолитного хода теоретически справедливы равенства:

$$\sum_{i=1}^n \beta_i - 180^\circ (n-2) = 0 \quad ; \quad (54)$$

$$\sum_{i=1}^n \Delta x_i = 0 \quad \text{и} \quad \sum_{i=1}^n \Delta y_i = 0 \quad (55)$$

Из-за неточного измерения сторон и углов хода будет иметь место равенства:

$$|f_\beta| = \sum_{i=1}^n \beta_i - 180^\circ (n-2) \quad ; \quad (56)$$

$$f_x = \sum_{i=1}^n \Delta x_i \quad \text{и} \quad f_y = \sum_{i=1}^n \Delta y_i \quad (57)$$

Допустимые невязки  $|f_\beta|$  и должны удовлетворять тем же требо-

ваниям, что и аналогичные невязки для разомкнутого теодолитного хода.

Устранение допустимых невязок, вычисление дирекционных углов, приращений координат и координат точек замкнутого теодолитного хода производят также, как и для разомкнутого.

### **Определение расстояний, недоступных для непосредственных измерений**

При проложении теодолитных ходов иногда не представляется возможным измерить их стороны непосредственно. В таких случаях пользуются косвенными способами измерений.

1. Для определения длины стороны  $AB$  выбирают точки  $D$  и  $C$  так, чтобы в треугольниках  $ABD$  и  $ABC$  (рис. 20,а) стороны  $AD = b_1$  и  $AC = b_2$  называемые базисами, были удобны для непосредственного измерения, а каждый из углов  $j_1$  и  $j_2$  были не меньше  $30^\circ$  и не более  $150^\circ$ . Если в этих треугольниках лентой измерить базисы  $b_1$  и  $b_2$ , а теодолитом углы  $a_1, b_1$  и  $a_2, b_2$  то, решая треугольники по теореме синусов, получим

$$AB = b_1 \sin \beta_1 \cos ec \varphi_1 = b_2 \sin \beta_2 \cos ec \varphi_2, \quad (58)$$

где  $\varphi_1 = 180^\circ - (\alpha_1 + \beta_1)$  и  $\varphi_2 = 180^\circ - (\alpha_2 + \beta_2)$ .

2. На рисунке 20,б показаны непосредственно измеренные базисы  $b_1$  и  $b_2$  являющиеся сторонами треугольников  $ABD$  и  $ABC$ , и углы  $\alpha_1, \beta_1$  и  $\alpha_2, \beta_2$ . Решая эти треугольники по теореме синусов, можно дважды определить расстояние  $AB$ .
3. На рис. 20,е непосредственно измеряемые базисы  $b_1$  и  $b_2$  расположены на противоположных берегах реки Измерение трех углов в треугольниках  $ABC$  и  $BMA$  позволит; определить вероятнейшие значения углов  $a_1, b_1$  и  $a_2, b_2$ , которые необходимы для вычисления стороны  $AB$ .

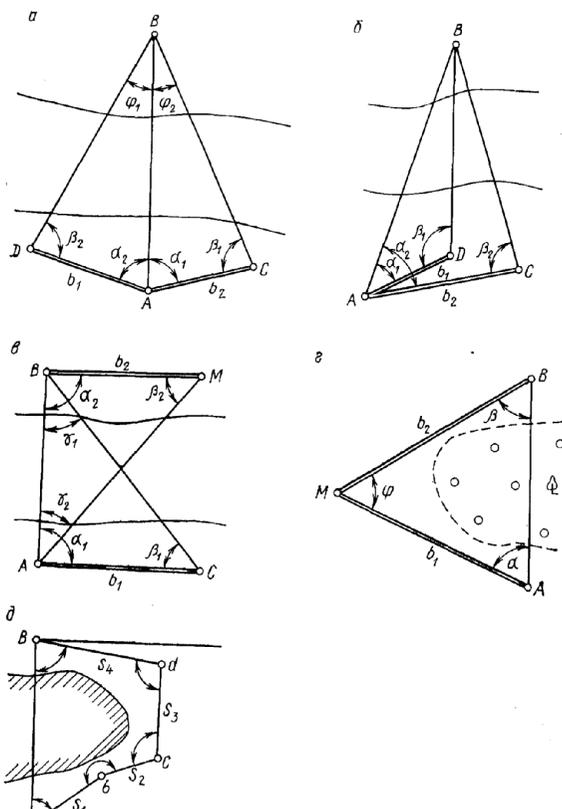


Рисунок 20. Косвенные способы определения расстояний

5. Если сторона  $AB$  теодолитного хода (рис. 20,з) расположена, например, в лесу так, что видимость между точками  $A$  и  $B$  отсутствует, то для определения на местности расстояния  $AB$  необходимо знать углы  $a$  и  $\beta$ . Для решения этой задачи выбирают точку  $M$  так, чтобы стороны треугольника  $AMB$   $AM = b_1$  и  $BM = b_2$ , т. е. базисы, были удобны для непосредственного их измерения. Определив горизонтальные проложения базисов  $b_1$  и  $b_2$  и измерив теодолитом угол  $\varphi$ , сторону  $AB$  и углы  $a$  и  $\beta$  можно вычислить по формулам:

$$AB = \sqrt{b_1^2 + b_2^2 - 2b_1b_2 \cos \varphi}$$

$$\sin \alpha = b_2 \frac{\sin \varphi}{AB}, \quad \sin \beta = b_1 \frac{\sin \varphi}{AB} \quad (59)$$

6. Если точки  $A$  и  $B$  находятся на значительном удалении одна от другой и видимость между ними отсутствует, то для определения расстояния  $AB$  прокладывают теодолитный ход  $AbcdB$  (рис. 20,  $\delta$ ), в котором измеряют стороны  $Bd$ ,  $dc$ ,  $cb$  и  $bA$  и горизонтальные углы в точках  $d$ ,  $c$  и  $b$ . Приняв дирекционный угол стороны  $Bd$  равным  $a_1$  можно вычислить дирекционные углы всех измеренных сторон хода, а по известным длинам сторон хода  $s$  и их дирекционным углам - приращения  $\Delta x$  и  $\Delta y$ . Решая обратную геодезическую задачу, определяют,

$$tg(AB) = \frac{\sum \Delta y}{\sum \Delta x}, \quad (60)$$

а затем и сторону,

$$AB = \sum \Delta y \cos ec(AB) = \sum \Delta x \sec(AB), \quad (61)$$

где  $(AB)$  дирекционный угол стороны  $AB$ .

### Четырехугольники без диагоналей

Метод четырехугольников без диагоналей широко применяется при создании съемочного обоснования в лесах с четырехугольными кварталами. Сущность этого метода заключается в построении смежных четырехугольников без диагоналей, вершины которых служат точками сети съемочного обоснования.

Одна из возможных схем сети съемочного обоснования состоящей из четырехугольников без диагоналей и проложенной по лесным кварталам показана на рис. 21

Для получения координат вершин четырехугольников на местности достаточно непосредственно измерить все горизонтальные углы на пунктах такой сети и две смежные

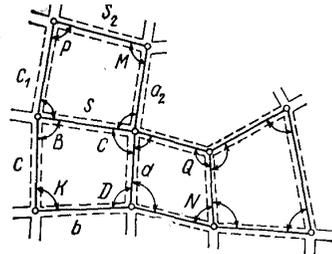


Рисунок 21. Схема сети съемочного обоснования

стороны исходного четырехугольника, а в каждом последующем - только одну сторону, смежную со стороной, полученной вычислением из предыдущего четырехугольника.

Действительно, если в четырехугольнике  $ABCD$  (рис. 22) на местности непосредственно измерить четыре угла  $A, B, C$  и  $D$  и две его стороны, исходящие из одной точки, например  $a=CD$  и  $b=AD$ , то для определения двух других его сторон  $C$  и  $B$  можно поступить так. Продолжив стороны  $AB$  и  $DC$ , получим треугольник  $AED$ , в котором

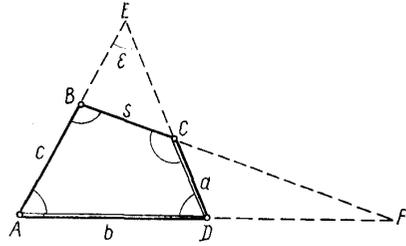


Рисунок 22. Четырехугольник без диагоналей

$$\angle E = 180^\circ - (A + D) \quad (52)$$

Из того же треугольника

$$\frac{DE}{b} = \frac{\sin A}{\sin(A + D)}, \quad \text{откуда} \quad DE = b \frac{\sin A}{\sin(A + D)}$$

Следовательно

$$EC = b \frac{\sin A}{\sin(A + D)} - a \quad (63)$$

Из треугольника  $BEC$ , в котором сторона  $BC = s$ , имеем

$$\frac{s}{E} = \frac{\sin(A + D)}{\sin B}$$

отсюда

$$s = EC \frac{\sin(A + D)}{\sin B} \quad (64)$$

Подставляя в формулу (82) значение  $EC$  из формулы (63) и учитывая, что  $(A + D) = 360^\circ - (B + C)$ , получим

$$s = \frac{b \sin C + a \sin(B + C)}{\sin B} = [b \sin A + a \sin(B + C)] \operatorname{cosec} B \quad (65)$$

Аналогично из треугольников  $AFB$  и  $CFD$  найдем

$$c = \frac{a \sin C + b \sin(A+B)}{\sin B} = [a \sin c + b \sin(A+B)] \cos ecB. \quad (66)$$

Следовательно, если в исходном четырехугольнике  $ABCD$  (см. рис. 21) измерить все его внутренние углы и две смежные стороны  $a$  и  $b$ , то по формулам (65) и (66) можно вычислить две другие его стороны  $s$  и  $c$ . Для определения сторон  $c_1=BP$  и  $s_2=PM$  в четырехугольнике  $CBPM$ , являющемся смежным с исходным, достаточно, кроме четырех горизонтальных углов, непосредственно измерить лишь одну сторону  $a_2=CM$ , так как смежная с ней сторона  $s$  уже известна. Поступая так с каждым смежным четырехугольником, можно определить все его стороны.

Зная стороны всех четырехугольников и горизонтальные углы между ними, вычисляют дирекционные углы этих сторон, если дирекционный угол одной стороны будет известен. По дирекционным углам и соответствующим длинам линий находят необходимые приращения координат, а по ним - координаты всех вершин четырехугольников.

### Плановая привязка съёмочного обоснования

Для определения координат точек сети съёмочного обоснования производят плановую привязку их к пунктам с известными координатами.

1. Если ход съёмочного обоснования  $Aab$  (рис. 23) начинается, например, от пункта  $A$ , координаты которого известны, то для определения дирекционного угла стороны  $Aa$  измеряют два примычных угла  $\beta_1$  и  $\beta_2$ .

По координатам пунктов  $C$ ,  $A$  и  $B$  вычисляют дирекционные углы  $(CA)$  стороны  $CA$  и  $(BA)$  стороны  $BA$  по формулам:

$$\operatorname{tg}(CA) = \frac{Y_A - Y_C}{X_A - X_C} \quad \text{и} \quad \operatorname{tg}(BA) = \frac{Y_A - Y_B}{X_A - X_B} \quad (67)$$

Тогда дирекционный угол  $(Aa)$  стороны  $Aa$  будет равен

$$(Aa) = (CA) + 180^\circ - \beta_1 = (BA) + 180^\circ - \beta_2 \quad (68)$$

Зная дирекционный угол первой сто-

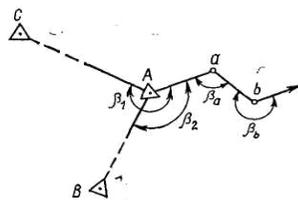


Рисунок 23. Плановая привязка к твердым сторонам

роны, можно, пользуясь углами  $\beta_a, \beta_b, \dots$ , вычислить дирекционные углы всех сторон. По длинам сторон и их дирекционным углам вычисляют приращения координат, а по ним - координаты пунктов  $a, b, \dots$

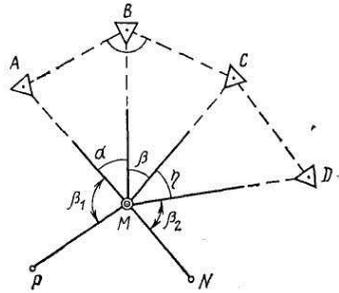


Рисунок 24. Плановая привязка по задаче Снеллиуса-Потенота

2. Если на местности имеются четыре (в крайнем случае три) твердые точки  $A, B, C$  и  $D$  (рис. 24), хорошо видимые с определяемой точки  $M$ , то, пользуясь обратной многократной засечкой, определяют координаты пункта  $M$ . Для вычисления дирекционных углов отрезков  $MP$  и  $MN$ , являющихся сторонами сети местного значения, измеряют два примычных угла  $\beta_1$  и  $\beta_2$ .

3. На рис. 25 показаны два пункта  $A$  и  $B$ , координаты которых известны. Для определения координат точки  $M$  и дирекционного угла стороны  $MN$  хода можно воспользоваться способом прямой засечки. Для этого достаточно измерить горизонтальные углы  $\beta_1$  и  $\beta_2$  на пунктах  $A$  и  $B$  и два примычных угла  $\beta_3$  и  $\beta_4$ . Затем по координатам пунктов  $A$  и  $B$  определяют дирекционный угол  $(AB)$  линии  $AB$  и ее длину и, решив треугольник  $MBA$ , вычисляют длины линий  $BM$  и  $AM$  и их дирекционные углы  $(BM)$  и  $(AM)$ . Координаты точки  $M$  можно получить дважды:

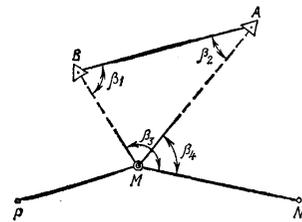


Рисунок 25. Плановая привязка к двум твердым пунктам

$$x_M = X_B + \Delta x_{BM} = X_A + \Delta x_{AM}$$

$$y_M = Y_B + \Delta y_{BM} = Y_A + \Delta y_{AM} \quad (69)$$

4. Если из точки  $M$ , координаты которой необходимо определить, видны два пункта  $B$  и  $A$  (рис. 26) с известными координатами, из которых ближний (пункт  $B$ ) недоступен для установки на нем теодолита, то в этом случае на местности измеряют два базиса  $b_1=Ma$  и  $b_2=Mc$  и горизонтальные углы  $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5$  и  $\beta_6$ .

Решая треугольники  $MaB$  и  $McB$ , получаем

$$BM = b_1 \frac{\sin \beta_1}{\sin(\beta_1 + \beta_2)} = b_2 \frac{\sin \beta_5}{\sin(\beta_4 + \beta_5)}, \quad (70)$$

или  $BM = b_1 \sin \beta_1 \operatorname{cosec}(\beta_1 + \beta_2) = b_2 \sin \beta_5 \operatorname{cosec}(\beta_4 + \beta_5)$

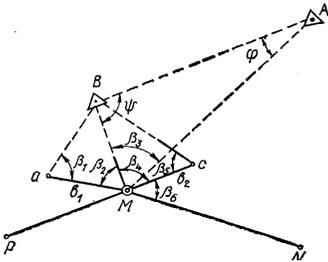


Рисунок 26. Плановая привязка к твердым пунктам

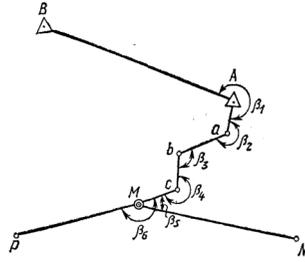


Рисунок 27. Плановая привязка теодолитным ходом

Вычислив расстояние между пунктами  $A$  и  $B$  по их координатам, из треугольника  $ABM$  можно определить горизонтальный угол  $\varphi = \angle BAM$  по формуле

$$\sin \varphi = \frac{BM}{AB} \sin \beta_3 \quad (71)$$

Тогда угол  $\psi = \angle ABM$  будет равен

$$\psi = 180^\circ - (\beta_3 + \varphi) \quad (72)$$

Пользуясь углом  $\psi$  и суммой углов  $(\beta_4 + \beta_6)$ , можно вычислить дирекционные углы  $(BM)$  и  $(MN)$ , а потом и координаты пункта  $M$ .

5. На рис. 27 показана схема привязки пункта  $M$  посредством теодолитного хода, проложенного через точку  $M$  от ближайшего к ней пункта  $A$  геодезической основы. По известным координатам пунктов  $A$  и  $B$  находят расстояние между ними и дирекционный угол этой линии  $(BA)$ . Затем, пользуясь измеренными на местности углами  $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5$  и  $\beta_6$  и длинами сторон  $Aa, ab, bc$  и  $cM$  хода, вычисляют дирекционные углы этих сторон, а затем и координаты точки  $M$ .

## ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

### Теодолит 2Т-30

#### Устройство теодолита.

В соответствии с принципом измерения горизонтального и вертикального углов конструкция теодолита должна включать следующие части (рис. 28).

Основной частью теодолита является горизонтальный круг, состоящий из лимба 3 и алидады 2. В процессе измерения горизонтального угла плоскость лимба должна быть горизонтальной, а его центр — устанавливаться на отвесной линии, проходящей через вершину измеряемого угла. Отвесная линия  $ZZ$ , проходящая через ось вращения алидады горизонтального круга, называется осью вращения теодолита. Ось вращения теодолита  $ZZ$  устанавливается в отвесное положение (плоскость лимба — в горизонтальное положение) по цилиндрическому уровню 9 с помощью трех подъемных винтов 1 подставки 10. Лимб и алидада снабжены зажимными (закрепительными) винтами, служащими для закрепления их в неподвижном положении, и наводящими винтами — для их медленного и плавного вращения.

Визирование на наблюдаемые цели осуществляется зрительной трубой 8, визирная ось  $VV$  которой при вращении трубы вокруг горизонтальной оси  $NN$  образует проектирующую плоскость, называемую коллимационной. Зрительная труба соединена с алидадой горизонтального круга с помощью колонки 4. На одном из концов оси вращения зри-

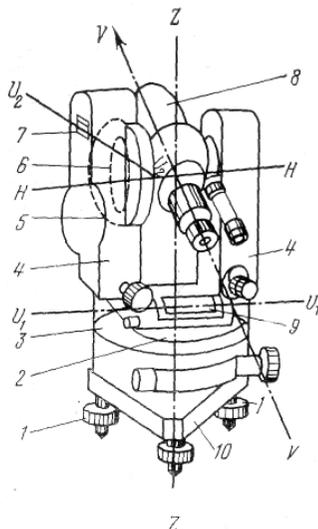


Рисунок 28. Принципиальная схема теодолита

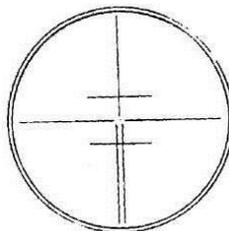


Рисунок 29. Сетка нитей теодолита

тельной трубы закреплен вертикальный круг 5, имеется цилиндрический уровень 7. Зрительная труба имеет закрепительный и наводящий винты.

При измерениях теодолит обычно устанавливается на штативе. Штатив состоит из металлической верхней части — головки и трех раздвижных (переменной длины) деревянных ножек. Концы ножек снабжены металлическими острыми наконечниками для вдавливания их в грунт и надежного закрепления штатива над точкой. Теодолит закрепляется на штативе винтом. К крючку станвого винта привязывается нить отвеса, служащая продолжением вертикальной оси вращения прибора ZZ. С помощью отвеса теодолит центрируется над точкой, т. е. устанавливается таким образом, чтобы ось вращения прибора проходила через вершину измеряемого угла. Становые винты изготавливаются полыми, что дает возможность использовать для центрирования теодолита над точкой оптические центриры.

Сетка нитей зрительной трубы представлена на рисунке 29.

**Подготовка к измерению углов.** Перед измерением горизонтальных углов теодолит над каждой точкой следует привести в рабочее положение, т. е. произвести центрирование, приведение основной оси прибора в отвесное положение и установку его зрительной трубы для визирования по глазу.

*Центрирование теодолита* заключается в следующем. Сначала теодолит, закрепленный на штативе, центрируют над вершиной измеряемого угла приближенно, пользуясь нитяным отвесом и заглубляя соответствующие ножки штатива в землю. Затем производят точное центрирование, перемещая прибор по головке штатива. Нитяной отвес позволяет центрировать теодолит с погрешностью около 5 мм. Теодолит ТЗО можно центрировать с точностью до 1 мм при помощи его зрительной трубы, направленной объективом вниз.

*Установка теодолита*, т. е. приведение плоскости горизонтального лимба в горизонтальное, а основной оси прибора в отвесное положение, выполняется с помощью подъемных винтов и цилиндрического уровня, укрепленного на алидаде горизонтального круга. Для этого цилиндрический уровень ставят по направлению двух подъемных винтов подставки и, вращая их в противоположных направлениях, устанавливают пузырек в нуль-

пункт. Затем поворачивают алидаду на  $90^\circ$  и посредством третьего подъемного винта вновь приводят пузырек в нуль-пункт. В правильно установленном теодолите пузырек цилиндрического уровня не должен отклоняться от нуль-пункта более чем на половину одного деления ампулы при любом положении алидады на лимбе.

*Установка зрительной трубы для визирования по глазу* заключается в получении отчетливого изображения сетки нитей и наблюдаемого предмета. Для получения резкого изображения сетки нитей зрительную трубу наводят на небо или белый освещенный предмет и вращают окулярную трубочку. Четкости изображения наблюдаемого предмета добиваются перемещением фокусирующей линзы, находящейся внутри зрительной трубы, для чего вращают кремальерное кольцо.

**Проверки теодолита.** Выполняются следующее проверки теодолита:

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

2. Одна из нитей сетки должна быть перпендикулярна, другая параллельна оси вращения теодолита.

3. Визирная ось зрительной трубы должна быть перпендикулярна горизонтальной оси вращения трубы, т. е. определяется коллимационная ошибка по следующей формуле:

$$C = \frac{KL^r - KP^r \pm 180^\circ}{2}, \quad (73)$$

которая не должна превышать двойной точности прибора.

4. Горизонтальная ось вращения трубы должна быть перпендикулярна оси вращения теодолита.

5. Место нуля (МО) должно быть постоянным и близким к нулю, т. е. колебание значений МО не должно превышать двойной точности прибора.

Проверки выполняются по схеме, представленной в лабораторном практикуме.

### **Буссоли и гониометр**

При работах по лесоустройству широко применяют буссоли и гониометры. Буссоль может быть самостоятельным прибором или дополнительным приспособлением к более сложному угломерно-

му устройству, например к теодолиту.

**Устройство бусселей.** Буссоль БС-2 (буссоль Стефана) состоит из следующих основных частей (рис. 30): собственно буссоли 1, алидады 6, лимба 7 и втулки 8. Втулка служит для закрепления буссоли на головке штатива или на верхнем конце деревянного стержня. Лимб жестко соединен с буссолью, и обе эти части могут совместно вращаться по втулке. В коробке буссоли имеется градусное кольцо 4.

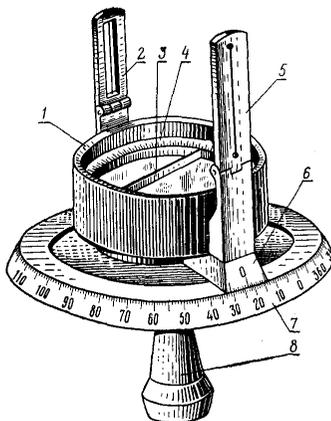


Рисунок 30. Буссоль БС-2

Если на градусном кольце буссоли деления подписаны от 0 до 360°, то такое буссоль называется *азимутальной*. 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 такая буссоль называется *румбическая*.

Алидаду можно вращать относительно лимба, что необходимо для измерения горизонтальных углов. Визирными приспособлениями являются диоптры 2 и 5, укрепленные на алидаде, а отсчетными - верньеры, точность которых 5'. Глазной диоптр 5 представляет собой пластинку с узкой щелью. По оси прорези предметного диоптра 2 натянута 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, именуется *линией визирования*.

Магнитная стрелка 3 буссоли свободно подвешена на острие шпиля, укрепленного в центре градусного кольца 4. Северный конец ее окрашен в черный цвет. В нерабочем положении стрелка должна быть прижата к защитному стеклу буссоли при помощи арретирующего устройства, приводимого в действие вращением кольца крышки буссоли.

**Буссоль БШ.** Особенность этой буссоли состоит в соединении магнитной стрелки с легким градуированным лимбом.

Лимб вращается вместе со стрелкой на острие шпиля. У глазного диоптра в его нижней части расположена призма-лупа, которая облегчает оценку десятых долей градуса при отсчетах делений лимба, нанесенных через  $1^\circ$ . Буссоль БШ устанавливают на штатив или кол. Этой буссолью можно пользоваться, удерживая ее в руке.

**Проверки буссоли.** Буссоль должна удовлетворять следующим условиям.

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.

2. *Магнитная стрелка должна обладать достаточной чувствительностью.* Для проверки 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 проверки обнаруживается несовпадение отсчетов, то причиной недостаточной чувствительности магнитной стрелки могут быть: слабая намагниченность стрелки, плохая шлифовка агатовой опоры в шляпке стрелки, затупление острия шпиля. Такие буссоли подлежат исправлению.

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  $180^\circ$ . Для проверки этого условия буссоль поворачивают через каждые  $10-40^\circ$  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 погрешно-обусловленной эксцентриситетом.

4. *Магнитная и геометрические оси стрелки должны совпадать.* Для проверки этого условия снимают защитное стекло буссоли и производят отсчет по северному концу стрелки. Затем снимают стрелку со шпиля, перевинчивают шляпку на другую сторо-

ну стрелки и, установив стрелку на шпиль, снова берут отсчет по тому же ее 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.

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 10-15 м от буссоли вешают шнур с отвесом и визируют на него через диоптры. Если волосок предметного диоптра закрывает шнур отвеса на всем своем протяжении, т. е. при совпадении коллимационной плоскости 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.

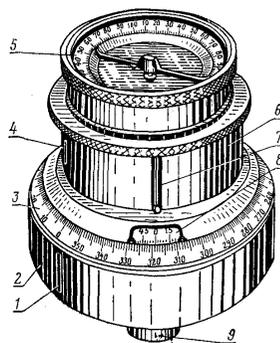


Рисунок 31. Гониометр

**Устройство гониометра.** Гониометр (рис. 31) - упрощенный угломерный прибор, состоящий из двух полых цилиндров и буссоли. На конической поверхности 3 нижнего цилиндра 2, служащего лимбом, нанесены градусные деления. На боковой поверхности этого цилиндра прорезаны щели, составляющие два нижних диоптра. Из них глазной диоптр находится против нулевого штриха делений лимба, а предметный - против деления  $180^\circ$ .

Верхний цилиндр 6 посажен соосно с нижним цилиндром и может вращаться вокруг вертикальной оси гониометра. На нижнем коническом ободе этого цилиндра (служащего алидадой) нанесены два верньера с точностью  $5'$ , а на его боковой поверхности прорезаны две пары взаимно перпендикулярных диоптров 4 и

7, что облегчает построение (разбивку) на местности прямых углов. Одна пара диоптров расположена над нулевыми штрихами верньеров 8. С верхним цилиндром скреплена буссоль 5. В дно нижнего цилиндра ввинчена втулка 9, необходимая для установки гониометра на штативе или на деревянном стержне.

Для приведения гониометра в отвесное положение рекомендуется применять накладной круглый уровень.

**Проверки гониометра.** Гониометр должен удовлетворять следующим геометрическим условиям.

1. *Ось вращения верхнего цилиндра должна совпадать с осью нижнего цилиндра.* Для проверки этого условия берут отсчеты по двум верньерам через каждые  $20-30^\circ$  делений лимба. В исправном приборе отсчеты по противоположным верньерам должны отличаться не более чем на  $180^\circ \pm t$  (где  $t=5'$  - точность верньера).

2. *Нулевой диаметр верньеров при совмещении плоскостей, проходящих через пару соответствующих верхних и нижних диоптров, должен совпадать с нулевым диаметром лимба ( $0-180^\circ$ ).* Для проверки этого условия гониометр устанавливают на штативе по уровню и, вращая по азимуту, визируют через нижние диоптры на находящуюся на местности вежу. Затем, сохраняя нижний цилиндр неподвижным, вращают верхний цилиндр и визируют через верхние диоптры на ту же вежу. Если проверяемое условие выполнено, то отсчеты по первому и по второму верньерам будут соответственно  $0$  и  $180^\circ$ . При невыполнении этого условия будет иметь место коллимационная погрешность, абсолютное значение которой равно отсчету по первому верньеру. Коллимационную погрешность не исправляют, а учитывают при измерении горизонтальных углов.

3. Проверки буссоли гониометра выполняют так же, как проверки буссолей БС-2.

### **Мерные ленты и рулетки и их компарирование**

*Ленты.* Землемерные ленты имеют длину 20, 24 и 50 м и обозначаются соответственно ЛЗ-20, ЛЗ-24 и ЛЗ-50. Наиболее употребительна лента ЛЗ-20. Ленты изготавливают из стальных полос шириной 10-15 мм, толщиной 0,4-0,5 мм с ручками на концах. Вблизи концов ленты имеются вырезы для шпилек, а напротив вырезов нанесены штрихи. При натяжении ленты силой в 10 кг расстояние между штрихами должно равняться 20, 24 или 50 м

для лент ЛЗ-20, ЛЗ-24 и ЛЗ-50. Каждый метр на ленте отмечен накладной металлической пластинкой, а пластинки оцифрованы. Счет метровых делений ведется по обеим сторонам ленты. Полуметры отмечены заклепками, а дециметры - сквозными круглыми отверстиями, расположенными по оси ленты. Сантиметры отсчитывают на глаз. В нерабочем положении лента должна быть намотана на кольцо и закреплена на нем винтом. Для облегчения счета отложенных лент пользуются шпильками в количестве 11 штук, сделанными из стальной проволоки диаметром 5-6 мм.

Для измерения отрезков линий с несколько большей точностью служат шкаловые ленты ЛЗШ. На крайних дециметровых делениях таких лент травлением нанесены миллиметровые деления.

*Рулетки.* Стальные рулетки РК, намотанные на крестовину с рукояткой, могут иметь длину 50, 75 и 100 м, а рулетки РВ, закрепленные на вилке, - 20, 30 или 50 м. Для измерения коротких расстояний с относительно невысокой точностью используют тесьмяные рулетки РТ длиной 10 или 20 м.

*Компарирование лент.* Действительная длина  $l_p$  рабочей измерительной ленты (рулетки), которой производят измерение, обычно отличается от ее номинальной длины  $l_0$ . Сравнение длины рабочей ленты с известной длиной образцового прибора (эталоном) называется *компарированием ленты*. Устройство для компарирования лент называется компаратором. Простейший компаратор имеет вид ровного горизонтального бруса. На его концах закреплены миллиметровые шкалы, расстояние между нулевыми штрихами которых известно достаточно точно. Сравниваемую ленту укладывают на компаратор, натягивают силою в 10 кг и по шкалам определяют ее длину (расстояние между концевыми штрихами).

Компарировать рабочую ленту можно и простым сравнением ее с лентой, длина которой известна с достаточной точностью. В этом случае обе ленты укладывают рядом на ровной поверхности и натягивают каждую с одинаковой силою, затем при помощи миллиметровой линейки определяют разницу  $\Delta l$  в длине проверяемой и контрольной ленты - эталона.

Обозначим через  $l_p$  и  $l_э$  фактические длины рабочей и контрольной лент, тогда

$$\Delta l = l_p - l_{\dot{\gamma}} \quad \text{но} \quad l_{\dot{\gamma}} = l_0 + \Delta l_{\dot{\gamma}} \quad (75)$$

где  $\Delta l_{\dot{\gamma}}$  - поправка, показывающая, насколько длина контрольной ленты отличается от ее номинальной длины  $l_0$ . Подставляя в формулу значение  $l_{\dot{\gamma}}$ , получим

$$l_p = l_0 + \Delta l + \Delta l_{\dot{\gamma}} \quad (76)$$

Следовательно, поправка за счет компарирования рабочей ленты

$$\Delta l_k = \Delta l_k + \Delta l_{\dot{\gamma}}, \quad \text{где} \quad \Delta l_k = l_p - l_0 \quad (77)$$

Учитывают поправку за температуру.

### Эклиметр

Углы наклона измеряют теодолитом или эклиметром. С этой целью один из этих приборов помещают над точкой  $A$  наклонного отрезка линии  $AB$ , а в точке  $B$  устанавливают вежу и закрепляют на ней целик (полоску яркой ткани и т. п.). Высота прибора и целика над землей должна быть одинаковой, в этом случае линия визирования, направленная на целик, будет наклонена к горизонту на угол  $\nu$ , равный углу наклона отрезка  $AB$ .

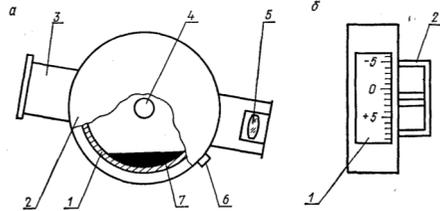


Рисунок 32. Эклиметр: а - общий вид ; б - градусные деления

На рис. 32,а показан эклиметр с маятником, на цилиндрическом ободке которого в каждую сторону от пулевого штриха (рис. 32,б) нанесены градусные деления (до  $60^\circ$ ). Маятник  $1$  установлен на оси  $4$  внутри круглой коробки  $2$  и может свободно вращаться только при нажатии стопорной кнопки  $6$ . На маятнике закреплен груз  $7$  так, чтобы нулевой диаметр освобожденной кнопкой маятника всегда принимал горизонтальное положение. Визирная полая трубка  $3$  прямоугольного сечения жестко соединена с коробкой и снабжена двумя диоптрами. Глазной диоптр, помещенный со стороны лупы  $5$ , имеет форму горизонтальной щели. Предметный диоптр представляет собой горизонтальную нить или штрих.

При измерении вертикального угла эклиметром следует нажать стопорную кнопку маятника и визировать через диоптры на соответствующую точку. Когда маятник успокоится, кнопку надо отпустить (зафиксировать маятник в коробке), после чего, пользуясь лупой, взять отсчет по градусному кольцу. Точность отсчета составляет приблизительно  $0,25^\circ$ . На кольце маятника углы повышения обозначены знаком «плюс», а углы понижения - знаком «минус».

*Проверка эклиметра.* Для эклиметра выполняют три проверки, основная из которых—определение места нуля маятника. Для этого измеряют угол наклона  $v$  какого-либо отрезка линии с противоположных ее концов. В исправном эклиметре отсчеты  $+v_1$  (в сторону повышения) и  $-v_2$  (в обратном направлении) должны быть равны по абсолютной величине. В противном случае искомый угол

$$v = \frac{v_1 + v_2}{2}, \quad (78)$$

а местом нуля маятника будет отсчет, соответствующий нуль-пункту маятника,

$$x = \frac{v_1 - v_2}{2}. \quad (79)$$

При визировании в сторону повышения  $v = v_1 - x$ , а в сторону понижения

$$v = v_2 + x. \quad (80)$$

Углы при помощи эклиметра рекомендуется измерять в прямом и обратном направлениях.

### Нивелир

**Устройство нивелира.** Нивелир - геодезический прибор, устройство которого обеспечивает установку визирной оси зрительной трубы перпендикулярно к отвесной линии в процессе нивелирования. Основные части нивелира (рис. 33): зрительная труба  $Z$ ; цилиндрический уровень  $L$  или заменяющий его компенсатор; алидадная часть, состоя-

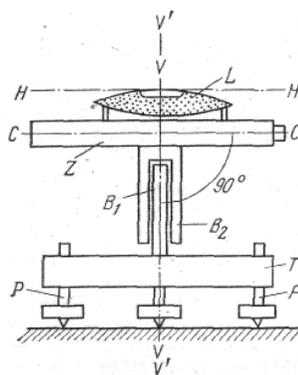


Рисунок 33. Схема взаимного расположения частей нивелира

шая из втулки  $B_2$  (или оси) и части, связывающей эту втулку (или ось) со зрительной трубой; часто в алидадной части нивелиров с уровнем имеется элевационный винт, предназначенный для изменения угла наклона трубы  $Z$  относительно оси  $IV$  подставки; подставка  $T$ , связанная с ней ось  $B_1$  (или втулка) и три подъемных винта  $P$ .

Зрительная труба и уровень (или заменяющий его компенсатор) являются важнейшими частями нивелира, в котором должно соблюдаться первое главное условие: ось  $HH$  уровня и визирная ось  $CC$  трубы должны быть между собой параллельны. Второе главное условие: при фокусировании трубы визирная ось  $CC$  должна сохранять неизменное положение. Кроме того, для удобства работы с нивелиром необходимо, чтобы ось  $HH$  была перпендикулярна к вертикальной оси  $IV'$  вращения алидадной части, а также, чтобы средняя горизонтальная нить сетки нитей располагалась перпендикулярно к оси  $V'V'$ .

**Поверки нивелиров.** Перед началом полевых работ у нивелиров должны быть выполнены следующие поверки:

*1. Поверка параллельности оси круглого уровня и оси вращения прибора.*

Для проверки этого условия тремя подъемными винтами приводят пузырек круглого уровня нивелира в нуль – пункт. Если после поворота верхней части нивелира на  $180^0$  пузырек останется в нуль–пункте – условие выполнено. В противном случае, исправительными винтами уровня перемещают пузырек в направлении к нуль–пункту на половину дуги отклонения. Подъемными винтами приводят уровень на середину. Поверка повторяется.

*1. Поверка перпендикулярности горизонтальных нитей сетки к оси вращения нивелира.*

Выполняется аналогично поверке сетки нитей у теодолита (повторяется горизонтальная нить сетки по рейке). То есть вертикальная нить сетки должна быть параллельна оси вращения нивелира.

Поверку выполняют двумя способами:

- На расстоянии 25 – 30 м от нивелира подвешивают шнур с отвесом и наводят вертикальную нить сетки на шнур отвеса. Если вертикальная нить совпадает со шнуром, поверку счита-

ют выполненной, если не совпадает, тогда необходимо провести юстировку.

- Наводят трубу нивелира на вертикально установленную рейку таким образом, чтобы рейка была слева и снимают отсчет по рейке. Затем наводящим винтом нивелира перемещают изображение на правый край сетки и снова снимают отсчет по рейке. Если отсчеты одинаковые, поверку считают выполненной, если нет – требуется юстировка.

### 3. Поверка цилиндрического уровня (главное условие нивелира).

Ось цилиндрического уровня должна быть параллельна визирной оси трубы. Поверку выполняют двойным нивелированием (в прямом и обратном направлениях) линии длиной 50 – 70 м.

Точки А и В (рис34) закрепляют колышками. Над точкой А устанавливают нивелир так, чтобы окуляр находился над точкой А, в точку В ставят рейку. Измеряют высоту инструмента  $i_A$  по черной стороне рейки, наводят трубу на рейку и записывают отсчет  $b$  по черной стороне. Ту же операцию выполняют по красной стороне рейки. Нивелир и рейку меняют местами.



Рисунок 34. Поверка главного условия

Измеряют  $i_B$ ,  $a$  по черной стороне рейки, затем для контроля по красной стороне. Вычисляют  $X$  по черной и красной стороне:

$$X = \frac{i_a - i_b}{2} - \frac{a + b}{2} \quad (91)$$

Значения  $X$ , полученные по черной и красной сторонам рейки не должны расходиться более чем на 4 мм. Затем вычисляют  $X_{cp}$ :

$$X_{ND} = \frac{X_{\times ADi} + X_{\acute{E}D\grave{A}Ni}}{2} \quad (92)$$

Если значение  $X_{cp.} > 4$  мм, то главное условие нивелира не выполняется, и поэтому необходимо выполнить юстировку. Для этого элевационным винтом устанавливают по рейке исправительный отсчет, который вычисляют по формуле:

$$a_{E_{ND}} = \dot{a} - \dot{O}_{ND} \quad (93)$$

При этом цилиндрический уровень сместится из середины (концы пузырька разойдутся). Возникшее смещение пузырька уровня устраняют вертикальными исправительными винтами уровня, предварительно ослабив боковые исправительные винты. После этого поверки 1 и 3 повторяют.

### Кипрегель КН

Прибор состоит из трех основных частей; зрительной трубы, колонки и линейки.

Оптическая система прибора состоит из зрительной трубы и стеклянного вертикального круга, снабженного системой линз и призм, передающих изображение номограмм расстояний и превышений, нанесенных на поверхности круга, и изображение предмета в окуляр зрительной трубы. В поле зрения кипрегеля одновременно наблюдаются изображение круга и рейки (рис. 35). Изображение рейки прямое.

Зрительная труба вращается относительно круга, что позволяет при наклонах трубы видеть в поле зрения различные участки круга. Характер изображения номограмм превышений и оцифровка изменяются в зависимости от того, какая часть вертикального круга рассматривается в окуляр. Знак «минус» перед коэффициентом номограммы показывает понижение, знак «+» - превышение. В поле зрения трубы видны изображения номограмм расстояний, обозначенных коэффициентами 100 200 и начальной окружности, обозначенной буквой Н с оцифрованными делениями через  $1^\circ$  и неоцифрованными через  $5'$ . Расстояние между верхней номограммой расстояний и начальной окружностью определяется с помощью коэффициента

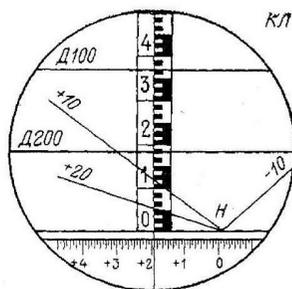


Рисунок 35. Схема взаимного расположения частей нивелира

дальномера 100, а между номограммами расстояний с помощью коэффициента дальномера 200. Окуляр зрительной трубы снабжен диоптрийным кольцом. Фокусировка на конечное расстояние производится маховичком 2 (рис. 36) трубки. Уровень, соединенный с вертикальным кругом, служит для установки нуля. За уровнем наблюдают в зеркало 15. Уровень 17 при зрительной трубе.

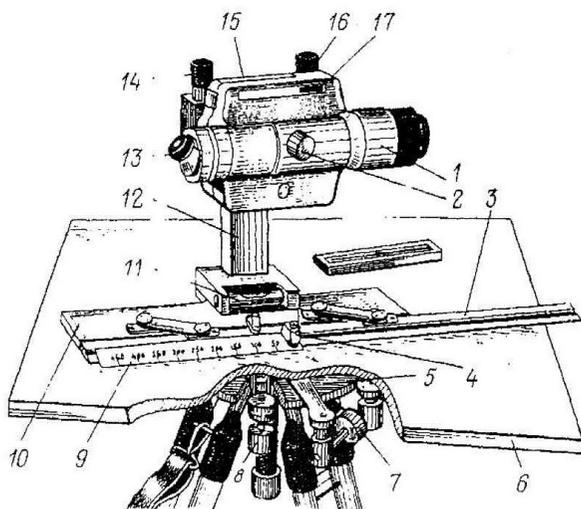


Рисунок 36. Устройство кипрегеля КН

Наличие при трубе цилиндрического уровня позволяет использовать зрительную трубу прибора в качестве нивелира.

Линейка состоит из двух частей: основной линейки 10 служащей основанием прибора и дополнительной линейки 3. Последняя, при помощи двух шарниров соединена с основной и образует совместно с ней систему шарнирного параллелограмма, позволяющего наносить на планшет снимаемые точки без передвижения всего прибора. На дополнительной линейке 3 имеется паз, по которому перемещается съемная масштабная линейка 9 с наколочным штифтом 4 для нанесения снимаемых точек. К колонке прибора укреплен цилиндрический уровень 11 для приведения в горизонтальное положение плоскости мензульной доски.

Мензула с мензульной доской состоит из двух частей: верхней и нижней.

Верхняя часть представляет собой диск 5, посредством водильца и наводящего винта 7, соединенный с мензульной доской 6.

Мензульная доска размером (600x600) мм служит для установки на ней основы (планшетов) и прибора. Перемещение мензульной доски по азимуту осуществляется наводящим винтом 7, а установка по уровню - винтами. Металлическая нижняя часть соединяется с верхней закрепительным винтом 8.

Штатив состоит из столика и трех деревянных но-жек с металлическими башмаками. Ножки шарнирно соединены со столиком штатива.

Для ориентирования мензульной доски по магнитному меридиану служит буссоль. Она состоит из корпуса, магнитной стрелки, арретира, оцифрованной шкалы и защитного стекла.

## ТЕОДОЛИТНАЯ СЪЕМКА

### Организация работ при теодолитной съемке

Один из методов получения контурного плана местности называют *теодолитной съемкой*. При теодолитной съемке углы измеряют теодолитом, расстояния - мерной лентой, стальной рулеткой или оптическими дальномерами.

Теодолитная съемка выполняется по правилу «от общего к частному»: сначала на местности создают опорную, *съемочную сеть*, затем на основе ее точек и линий ведут съемку контуров (ситуации) местности. На лесные участки площадью до 250 га геодезическая съемочная сеть создается главным образом проложением теодолитных ходов. Съемочное обоснование небольших участков местности может представлять собой одиночный или замкнутый теодолитный ход. Для съемки ситуации внутри замкнутого хода и для контроля линейных и угловых измерений прокладывают один или несколько диагональных ходов.

Теодолитная съемка складывается из полевых и камеральных работ. После получения задания на съемку знакомятся с картографическими и плановыми материалами прежних съемок и на их основе составляют проект предстоящих работ.

К полевым работам относятся:

- 1) рекогносцировка - осмотр участка для выяснения сохранности пунктов геодезической сети, заложенных ранее, размещения теодолитных ходов, уточнения проекта работ;
- 2) закрепление точек опорной съемочной сети;
- 3) подготовка сторон ходов к их измерению;
- 4) измерение углов и сторон теодолитных ходов;
- 5) съемка ситуации, выполняемая от точек и сторон теодолитного хода;
- 6) плановая привязка сторон прокладываемых теодолитных ходов к пунктам геодезической сети, координаты которых известны.

При отсутствии на участке съемки пунктов с известными координатами прокладываемый теодолитный ход ориентируют относительно истинного меридиана.

В период камеральных работ проверяют и оформляют полевые журналы, вычисляют координаты точек съемочной сети, составляют и вычерчивают план.

## Полевые работы. Журнал измерений. Абрис

На рис. 37 показан участок, съемка которого произведена на основе замкнутого теодолитного хода. Здесь вблизи границ участка проложен замкнутый теодолитный ход, а внутри его - диагональный ход для съемки контуров ситуаций (подробностей местности), находящихся на участке.

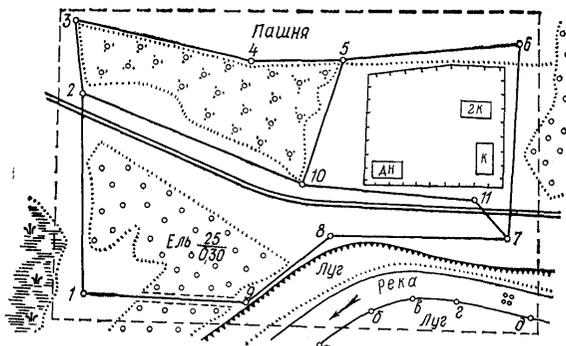


Рисунок 37. Съёмочное обоснование участка

В теодолитных ходах, прокладываемых для съемки лесных участков, правые по ходу углы измеряют одномоментными или тридцатисекундными теодолитами одним полным приемом с перестановкой лимба между полуприемами на угол около  $90^\circ$ . Разница в значениях углов, полученных из двух полуприемов (при КЛ и КЛ), не должна превышать соответственно  $2'$  и  $1'$ .

Для измерения, например, горизонтального угла 9-1-2 (рис. 37) теодолит устанавливают над точкой 1. В каждом полуприеме горизонтальный круг теодолита закрепляют неподвижно, а визирную ось зрительной трубы последовательно наводят сначала на заднюю точку 9, затем на переднюю точку 2 и берут соответствующие отсчеты.

В точке 2 при одной постановке теодолита измеряют угол 1-2-3 основного хода, а так как диагональный ход начинается от точки 2, то и примычный угол 1-2-10, а для контроля и 10-2-3. Сумма этих двух углов должна быть равна углу 1-2-3. Аналогично измеряют углы, вершиной которых является точка 7 (т.е. угол 6-7-8 основного хода, угол 11-7-8 диагонального хода и контрольный угол 6-7-11). Результаты измерений записывают в журнал (табл.

б). После измерения каждого горизонтального угла теодолитного хода двумя полуприемами его значений в графу 6 журнала при помощи буссоли теодолита определяют магнитный азимут или румб передней стороны хода и результат записывают в графу 8.

Длину каждой стороны хода измеряют землемерными лентами дважды (в прямом и обратном направлении), допуская расхождение результатов измерения не ниже 1:1000-1:2000. Второе измерение выполняют попутно со съемкой ситуации. Оба результата измерений и среднее арифметическое из них записывают в графу 8. Графу 9 заполняют данными для вычисления горизонтального проложения измеренной стороны хода.

На правых страницах журнала, озаглавленных «абрис», составляют схему хода.

Способы съемки контуров ситуации намечают еще в процессе рекогносцировки участка. Так, часть контура кустарника (рис. 37) снимают способом обхода, поскольку отдельные стороны замкнутого теодолитного хода проложены по этому контуру, а восточную границу кустарника перпендикулярами, принимая за начало координат точку 10. Результаты всех измерений отмечают на составляемом при этом абрисе (рис. 38, а).

Для зарисовок результатов съемки более сложных контуров абрисы ведут в отдельных тетрадах, сшитых из плотной бумаги. На рис. 38, б и в приведен пример составления абриса при съемке ситуации способами перпендикуляров и линейных засечек, произведенными от линии 7-6 теодолитного хода. Для измерения координат точек при съемке соответствующих контуров пользуются землемерной лентой и рулет-

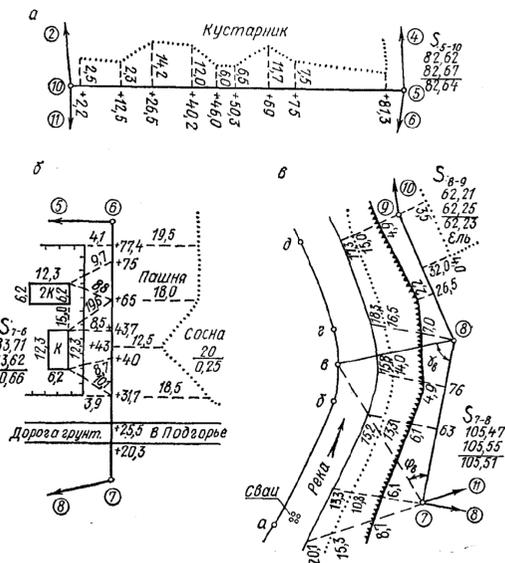


Рисунок 38. Абрисы: а – по линии 5-10, б – по линии 7-6, в – по линии 7-8

Таблица 6. Журнал измерения углов и сторон теодолитного хода

Станция	Точка визиро- вания	Отсчеты по верньерам			Горизонтальные углы			Магнитный румб (азимут) и длина стороны	Угол наклона	
		I		II	Среднее		Из полугризов			Среднее
		... °	... '	... '	... °	... '				
1	2	3	4	5	6	7	8	9		

кой.

Абрис на каждой странице заполняют снизу вверх в направлении движения при съемке. Рядом с осевой линией в абрисе указывают (с пометкой знаком «плюс» или без нее) абсциссу основания каждого перпендикуляра и каждой стороны линейной засечки, а также их длины.

Точность измерения перпендикуляров при съемке ситуации зависит от масштаба составляемого плана. Для съемки масштаба 1:500, 1:1000 и 1:2000-1:5000 перпендикуляры восстанавливают при помощи экера, если их длина составляет 4-20, 6-40 и 8-60 м. Перпендикуляры короче указанных строят на глаз.

### **Вспомогательные приборы, применяемые при теодолитной съемке**

При теодолитной съемке вспомогательными приборами являются *рулетки, эклиметры, буссоли и экеры*. *Рулетка* служит для измерения расстояний при съемке ситуации. С помощью *эклиметра* определяют углы наклона измеряемых расстояний. *Буссоль* используется для съемки ситуации способами угловых засечек и полярным. Прямые углы для съемки способом перпендикуляров строят при помощи *экер*ов.

### **Обработка результатов угловых измерений в теодолитных ходах**

Обработку данных, полученных при проложении теодолитных ходов, начинают с проверки всех записей, сделанных в полевых журналах, и заполнения пропущенных граф. Записи в полевых журналах и в ведомостях должны быть четкими, цифры чисел размещены одна под другой в соответствии с их разрядами. При этом неверные числа зачеркивают одной чертой и сверху пишут верные.

*Схематический чертеж теодолитных ходов*. После проверки полевых журналов и вычисления, горизонтальных проложений измеренных сторон составляют схему теодолитных ходов. На схематическом чертеже выписывают средние значения всех измеренных углов, а против середины каждой стороны теодолитного хода - ее горизонтальное проложение. На схеме указывают угловые невязки замкнутых и разомкнутых ходов.

*Угловая невязка замкнутого хода*. Известно, что сумма внут-

ренных углов плоского замкнутого многоугольника,

$$\sum \beta_{\text{оаіо}} = 180^\circ (n - 2) \quad (94)$$

где  $n$  - число сторон многоугольника. Разность  $f_\beta = \sum \beta_{\text{есі}} - \sum \beta_{\text{оаіо}}$  является угловой невязкой, где  $\sum \beta_{\text{изи}}$  - сумма измеренных углов в замкнутом многоугольнике.

Для углов, измеренных теодолитами тридцатисекундной точности, допустимая невязка должна удовлетворят по формуле

$$f_{\beta_{\text{иі}}} = \pm 1' \sqrt{n} \quad (95)$$

а для углов, измеренных теодолитом одноминутной точности,

$$f_{\beta_{\text{иі}}} = \pm 1,5' \sqrt{n} \quad (96)$$

где  $n$  - число измеренных углов.

Угловую невязку  $f_\beta$ , если она допустима, распределяют с обратным знаком между всеми измеренными углами. Большие по величине поправки вводят в углы между короткими сторонами, так как такие углы определяются с меньшей точностью по сравнению с углами между длинными сторонами.

Если в теодолитном ходе углы измерялись теодолитом одноминутной точности, то при упрощенном способе уравнивания угловую невязку распределяют между измеренными углами так, чтобы исправленные углы не содержали десятых долей минуты.

Сумма всех поправок в углы должна равняться невязке  $f_\beta$  с обратным знаком, а сумма исправленных углов удовлетворять формуле (94).

В таблице 7 показана ведомость вычисления координат вершин замкнутого теодолитного хода. В графу 2 записывают измеренные углы. Поправки к ним пишут над соответствующими значениями этих углов. .

*Вычисление дирекционных углов и румбов сторон замкнутого хода.* Исходный дирекционный угол  $\alpha$  одной из сторон замкнутого хода (рис. 39) получают или в результате плановой привязки этой стороны к пунктам геодезической сети, или определяют для нее истинный азимут одним из способов. В этом случае истинный азимут перевычисляют в дирекционный угол по формуле

$$\alpha = A - \gamma$$

Если в теодолитном ходе измерены правые по ходу углы между его сторонами, то дирекционные углы всех сторон хода вычисляются по формулам.

$$\begin{aligned} \alpha_2 &= \alpha_1 + 180^\circ - \beta_1, \\ \alpha_3 &= \alpha_2 + 180^\circ - \beta_2, \\ \alpha_4 &= \alpha_3 + 180^\circ - \beta_3, \\ \alpha_5 &= \alpha_4 + 180^\circ - \beta_4, \end{aligned} \quad (97)$$

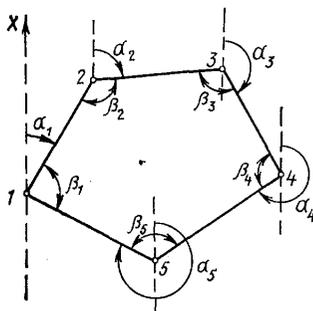


Рисунок 39. Дирекционные углы замкнутого теодолитного хода

и, наконец, для контроля этих вычислений применительно к рис. 39

$$\alpha_1 = \alpha_5 + 180^\circ - \beta_5 \quad (98)$$

Вычисленные дирекционные углы записывают в графу 3 ведомости, после чего переводят их в румбы, пользуясь формулами, приведенными в табл. 8.

Таблица 8. Формулы связи дирекционных углов и румбов

Четверть	Азимуты (дирекционные углы)	Румбы	Название румба
I	$0^\circ - 90^\circ$	$r_1 = A_1$	СВ
II	$90^\circ - 180^\circ$	$r_2 = 180^\circ - A_2$	ЮВ
III	$180^\circ - 270^\circ$	$r_3 = A_3 - 180^\circ$	ЮЗ
IV	$270^\circ - 360^\circ$	$r_4 = 360^\circ - A_4$	СЗ

Правильность найденных румбов  $r$  следует контролировать, определяя по ним горизонтальные (уравненные) углы  $\beta$  между смежными сторонами хода.

*Угловая невязка разомкнутого хода.* На рис. 40 показан разомкнутый теодолитный ход, примыкающий к двум сторонам  $BA$  и  $DE$  замкнутого полигона. Дирекционные углы  $\alpha_0$  и  $\alpha_k$  сторон  $AB$  и  $DE$  можно найти в каталоге координат пунктов сети или вычислить по координатам твердых точек  $A, B$  и  $D, E$ , решая обрат-

ную геодезическую задачу на плоскости, либо выписать их из ведомости.

В разомкнутом ходе, опирающемся на твердые стороны, число измеренных углов, включая и примычные углы  $\beta_i$  и  $\beta_n$  на твердых пунктах, всегда на единицу больше числа сторон в таком ходе. Так, на рис. 40 число сторон хода  $n-1=4$ , а число углов  $n=5$ .

По известному исходному дирекционному углу  $\alpha_0$  и уравненным правым по ходу углам  $\beta_i$  между сторонами его можно после-

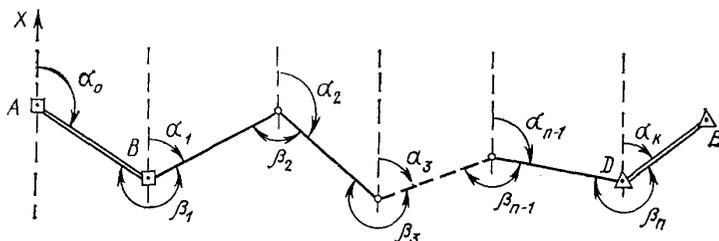


Рисунок 40. Дирекционные углы разомкнутого теодолитного

довательно вычислить дирекционные углы всех сторон хода:

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= \alpha_0 + 180^\circ - \beta_1 \\ \alpha_2 &= \alpha_1 + 180^\circ - \beta_2 = \alpha_0 + 180^\circ \cdot 2 - (\beta_1 + \beta_2); \\ &\dots\dots\dots \\ \alpha_k &= \alpha_{n-1} + 180^\circ - \beta_n = \alpha_0 + 180^\circ \cdot n - (\beta_1 + \beta_2 + \dots + \beta_{n-1} + \beta_n) \end{aligned} \quad (99)$$

В общем виде

$$\alpha_k = \alpha_0 + 180^\circ \cdot n - \sum_{i=1}^n \beta_i \quad (100)$$

где  $\beta_i$  - уравненные углы теодолитного хода.

Из выражения 100 следует, что

$$\sum_i^n \beta_{\partial A \partial B} = \alpha_0 - \alpha_k + 180^\circ \cdot n \quad (101)$$

т. е. теоретическая сумма правых по ходу углов разомкнутого теодолитного хода равна разности дирекционных углов исходной и конечной сторон хода плюс  $180^\circ$ , умноженных на число всех из-

Таблица 7. Ведомость вычисления координат замкнутого теодолитного хода

Название пунктов	Измеренные углы, левые	Дирекционные углы	Румбы		Горизонтальное продолжение S	Приращения координат, вычисленные		Приращения координат, исправленные		Координаты	
			название	величина		$\Delta y, м$	$\Delta x, м$	$\Delta y, м$	$\Delta x, м$	Y, м	X, м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

$$\sum \beta_{\text{вн}} = \sum \beta_{\text{вн}} = f_{\text{вн}} = f_{\text{вн}} = f_{\text{вн}}$$

$$\sum \beta_{\text{вн}} = \sum \beta_{\text{вн}} = f_{\text{вн}} = f_{\text{вн}} = f_{\text{вн}}$$

$$f_{\text{вн}} = f_{\text{вн}} = f_{\text{вн}} = f_{\text{вн}} = f_{\text{вн}}$$

меренных углов.

Угловая невязка для разомкнутого теодолитного хода определяется по формуле

$$f_{\beta} = \sum_i^n \beta_{\text{вс}i} - (\alpha_0 - \alpha_k + 180^{\circ} \cdot n) \quad (102).$$

В теодолитном ходе могут быть измерены левые по ходу углы. В таком случае дирекционные углы сторон хода последовательно вычисляют по формуле:

$$\alpha_{i=1} = \alpha_i + \beta_i - 180^{\circ} \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (103)$$

А так как правый угол  $\beta$  и левый  $w$  связаны соотношением

$$\beta_i = 360^{\circ} - \beta_i, \quad (104)$$

следовательно,

$$\sum_{i=1}^n \beta_i = 360^{\circ} n - \sum_{i=1}^n \beta_i \quad (105)$$

С учетом этих равенств формула для вычисления дирекционных углов будет иметь вид

$$\alpha_k = \alpha_0 + \sum_{i=1}^n \beta_i - 180^{\circ} n \quad (106)$$

Откуда

$$\sum_i^n \beta_{\text{длв}i} = \alpha_0 - \alpha_k + 180^{\circ} \cdot n \quad (107)$$

т. е. теоретическая сумма левых по ходу углов разомкнутого теодолитного хода равна разности дирекционных углов конечной и исходной сторон хода плюс  $180^{\circ}$ , умноженных на число всех измеренных углов.

Для разомкнутого хода угловая невязка

$$f_{\beta} = \sum_i^n \beta_{\text{вс}i} - (\alpha_0 - \alpha_k + 180^{\circ} \cdot n) \quad (108)$$

Для определения допустимых невязок ( $f_{\beta_{\text{доп}}}$ ) в суммах измеренных углов для разомкнутых ходов используют те же формулы как и для замкнутых ходов.

Уравнивание измеренных горизонтальных (по ходу правых или левых) углов разомкнутого хода производится так же, как и в замкнутых ходах.

*Вычисление дирекционных углов и румбов сторон разомкнутого теодолитного хода.* Дирекционные углы сторон разомкнутого хода вычисляют по уравненным (исправленным) горизонтальным углам используя формулы для замкнутого полигона.

### **Построение плана теодолитного хода по румбам и длинам его сторон**

При составлении лесных планов для небольших участков местности теодолитный ход можно нанести на бумагу в заданном масштабе по румбам его сторон и их горизонтальным положениям. В этом случае обработку теодолитного хода ограничивают вычислением румбов и горизонтальных проложений сторон хода.

Построение плана теодолитного хода по румбам, а не по горизонтальным углам между его сторонами сопровождается меньшими ошибками, так как на направлениях прочерчиваемых сторон хода не сказываются погрешности построения на бумаге предыдущих сторон. Все стороны хода ориентируют относительно линии *СЮ*, принимаемой за направление меридиана для данного участка (рис. 41). Построенный теодолитный ход показан на рисунке штриховой линией. Построение плана теодолитного хода начинают с любой его точки.

**Линейная невязка.** В результате неточного измерения углов и сторон хода и погрешностей, допускаемых при построении ромбических углов и длин сторон на бумаге, положение конечной точки не совпадет с положением начальной точки. Расстояние между ними, равное  $f_p$ , называется *линейной невязкой* построенного хода.

Невязка  $f_p$  считается допустимой, если она не превышает  $1/300 P$ , где  $P$  - длина всего хода, т. е.

$$\frac{f_p}{P} \leq \frac{1}{300} \quad \text{или} \quad f_{\text{дл}} = \frac{P}{300} \quad . \quad (109)$$

Если невязка  $f_p$  окажется допустимой, то ее распределяют между сторонами хода *способом параллельных линий*. При этом поправка на каждую сторону хода будет пропорциональна расстоянию от данной точки до начальной. Все вершины хода, кроме *1-й*,

перемещают в сторону, противоположную невязке  $I'-I$ . Для этого через каждую вершину проводят прямые, параллельные, линии невязки  $I'-I$ , и на них откладывают поправки, вычисляемые по формулам:

$$v_2 = \frac{f_p}{P} ; \quad v_3 = \frac{f_p}{P} (s_1 + s_2) ;$$

$$v_n = \frac{f_p}{P} (s_1 + s_2 + \dots + s_n) . \quad (110)$$

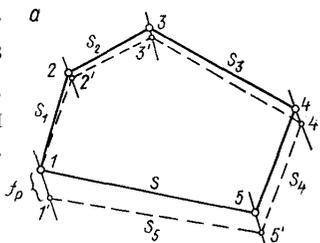


Рисунок 41. План теодолитного хода

Получив исправленные положения точек, соединяют их прямыми.

Если диагональный ход построен между точками, нанесенными на бумагу по румбам и длинам сторон, то допустимая относительная невязка в таком ходе не должна превышать 1:200 длины хода, т. е.

$$\frac{f_p}{P} \leq \frac{1}{200} \quad \text{или} \quad f_{p, \text{дв}} = \frac{P}{200} . \quad (111)$$

Если невязка  $f_p$  по абсолютному значению будет больше допустимой, то это укажет на то, что при измерениях на местности или при составлении плана была допущена грубая погрешность.

### Вычисление и уравнивание приращений координат.

*Вычисление координат точек теодолитного хода.* Координаты точек теодолитного хода вычисляют по формулам, представляющим прямую геодезическую задачу:

$$x_{i+1} = x_i + \Delta x_i ; \quad y_{i+1} = y_i + \Delta y_i \quad (i=1, 2, \dots, n), \quad (112)$$

где  $\Delta x_i = s_i \cos \alpha_i ; \quad \Delta y_i = s_i \sin \alpha_i$

Вычисленные значения  $\Delta x_i$  записывают в графу 7, а  $\Delta y_i$  - в графу 8 ведомости для вычисления координат (см. табл. 7).

*Замкнутый ход.* Для замкнутого теодолитного хода, состоящего из  $n$  сторон, имеют место следующие равенства:

$$x_2 = x_1 + \Delta x_1 ; \quad y_2 = y_1 + \Delta y_1 ;$$



$$\begin{aligned}
 v_{x,1} &= -\frac{f_x}{P} S_1 & v_{y,1} &= -\frac{f_y}{P} S_1 \\
 & \vdots & & \vdots \\
 v_{x,2} &= -\frac{f_x}{P} S_2 & v_{y,2} &= -\frac{f_y}{P} S_2 \\
 & \vdots & & \vdots \\
 & \dots\dots\dots & & \dots\dots\dots \\
 v_{x,n} &= -\frac{f_x}{P} S_n & v_{y,n} &= -\frac{f_y}{P} S_n \\
 & \vdots & & \vdots
 \end{aligned}
 \tag{119}$$

При этом должны выполняться следующие равенства

$$\begin{aligned}
 \sum_{i=1}^n v_{x,i} &= -\frac{f_x}{P} \sum_{i=1}^n S_i & \sum_{i=1}^n v_{y,i} &= -\frac{f_y}{P} \sum_{i=1}^n S_i \\
 & \text{и} & & \\
 \sum_{i=1}^n v_{x,i} &= -f_x & \sum_{i=1}^n v_{y,i} &= -f_y
 \end{aligned}
 \tag{120}$$

т. е. сумма поправок в приращения координат по каждой оси должна равняться величине невязки, но с обратным знаком.

Вычисленные поправки  $v_{x,i}$  и  $v_{y,i}$  записывают в графах 7 и 8 табл. 7 над соответствующими приращениями координат  $\Delta x_i$  и  $\Delta y_i$ . Складывая алгебраически величины вычисленных приращений с их поправками, получают исправленные приращения координат, которые записывают в графах 9 и 10 той же таблицы. Алгебраические суммы исправленных приращений координат для замкнутого теодолитного хода по каждой из осей координат должны удовлетворять формуле (115). И, наконец, по исправленным приращениям координат вычисляют координаты всех точек теодолитного хода по формулам (113).

*Разомкнутый (диагональный) ход.* Для разомкнутого теодолитного хода, проложенного между твердым пунктом  $B$  с известными координатами  $x_n$  и  $y_n$  и конечным твердым пунктом  $D$  (его координаты  $x_k$  и  $y_k$ ), абсциссы и ординаты точек хода  $1, 2, \dots, D$  вычисляют в такой последовательности:

$$\begin{aligned}
 x_1 &= x_j + \Delta x_1 & y_1 &= y_j + \Delta y_1 \\
 & \vdots & & \vdots \\
 x_2 &= x_1 + \Delta x_2 & y_2 &= y_1 + \Delta y_2 \\
 & \vdots & & \vdots \\
 & \dots\dots\dots & & \dots\dots\dots
 \end{aligned}
 \tag{121}$$

$$x_{\epsilon} = x_{n-1} + \Delta x_n, \quad y_{\epsilon} = y_{n-1} + \Delta y_n$$

Суммируя почленно эти равенства, получаем

$$\sum_{i=1}^{n-1} x_i + x_k = x_j + \sum_{i=1}^{n-1} x_i + \sum_{i=1}^n \Delta x_i, \quad \sum_{i=1}^{n-1} y_i + y_k = y_j + \sum_{i=1}^{n-1} y_i + \sum_{i=1}^n \Delta y_i \quad (122)$$

отсюда

$$x_k = x_j + \sum_{i=1}^n \Delta x_i, \quad y_k = y_j + \sum_{i=1}^n \Delta y_i \quad (123)$$

а

$$\sum_{\sigma=1}^{\dot{\sigma}} \Delta x_{\dot{\sigma} \dot{\sigma} \dot{\sigma}} = x_k - x_j, \quad \sum_{\sigma=1}^{\dot{\sigma}} \Delta y_{\dot{\sigma} \dot{\sigma} \dot{\sigma}} = y_k - y_j \quad (124)$$

следовательно, в разомкнутом теодолитном ходе алгебраические суммы приращений координат по осям  $x$  и  $y$  равны разности соответствующих координат конечной и начальной точек.

Случайные погрешности, содержащиеся в измеренных углах и длинах сторон хода, вызывают невязки  $f_x$  и  $f_y$  в вычисленных приращениях координат по осям  $x$  и  $y$ , которые могут быть найдены по формулам:

$$f_x = \sum_{i=1}^n \Delta x_{\dot{\sigma} \dot{\sigma} \dot{\sigma}} - (x_k - x_H), \quad f_y = \sum_{i=1}^n \Delta y_{\dot{\sigma} \dot{\sigma} \dot{\sigma}} - (y_k - y_H) \quad (125)$$

Линейная невязка в диагональном ходе

$$f_s = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} \quad (126)$$

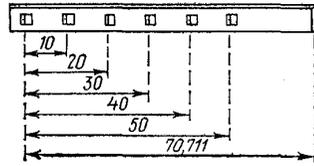
Для диагональных ходов в полигонах I разряда

$$f_{s \dot{\sigma} \dot{\sigma}} = \frac{P}{1500}, \quad \text{или} \quad \frac{f_s}{P} < \frac{1}{1500} \quad (127)$$

Уравнивание приращений координат и вычисление координат точек разомкнутого (диагонального) хода выполняют так же, как и для замкнутого хода.

**Нанесение точек теодолитного  
хода на план по  
координатам**

*Построение координатной сетки.*



Составление плана теодолитных ходов начинают с построения на бумаге

Рисунок 42. Линейка Дробышева

координатной сетки. Стороны квадратов координатной сетки на планах принимают равными 10 см.

Координатную сетку со стороной квадрата 10 см удобно строить при помощи металлической линейки Ф. В. Дробышева (ЛД-1). На этой линейке вдоль ее оси вырезаны шесть окошек, скошенные края которых имеют вид дуг разных радиусов (рис. 6). Скошенный конец линейки ЛД-1 представляет собой дугу радиуса 70,711 см, равную диагонали квадрата со стороной 50 см. Для построения координатной сетки линейку ЛД-1 кладут на лист бумаги вблизи его края так, чтобы вся координатная сетка разместилась на листе, и вдоль продольного скошенного ребра линейки остро отточенным карандашом проводят линию АВ (рис. 43).

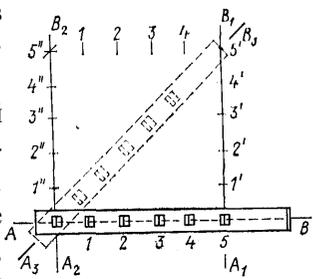


Рисунок 43. Построение координатной сетки с помощью линейки Дробышева

Затем линейку накладывают на эту линию и карандашом по скошенным краям окошек проводят короткие дуги 1, 2, . . . , 5, пересекающие линию АВ. Перекалывают линейку перпендикулярно к линии АВ, совмещают нуль-пункт линейки (первое окошко) с точкой 5 линии АВ и проводят короткие дуги 1', 2', . . . , 5'. После этого кладут линейку вдоль диагонали  $A_3 B_3$  и по ее скошенному концу проводят дугу радиуса 70,711 см. В пересечении этой дуги с дугой 5' получают точку, лежащую на перпендикуляре  $A_1 B_1$  к линии АВ. Аналогично получают перпендикуляр  $A_2 B_2$ . Для контроля нуль-пункт линейки совмещают с точкой 5'' линии  $A_2 B_2$  и прочерчивают дугу в шестом окошке через точку 5' линии  $A_1 B_1$ . Несовпадение этой дуги с точкой 5' не должно превышать 0,1 мм. Затем, сохраняя линейку в том же положении, проводят дуги 1, 2, . . . , 5 и, соединяя прямыми одноименные дуги, получают сетку квадратов. Правильность построения квадратов сетки проверяют по их диагоналям с помощью циркуля-измерителя. Диагонали всех квадратов должны быть одинаковы. Расхождение между ними допускается не более 0,2 мм.

Координатную сетку можно построить и при помощи штангенциркуля, циркуля-измерителя и масштабной линейки. Для этой цели на листе бумаги проводят две пересекающиеся под острым

углом прямые (приблизительно по диагоналям листа чертежной бумаги). От точки их пересечения откладывают одинаковое число равных отрезков. Концы последних отрезков соединяют прямыми линиями. Так получают прямоугольник. На сторонах этого прямоугольника, пользуясь масштабной линейкой, откладывают отрезки по 10 см. Соответствующие точки на противоположных сторонах прямоугольника соединяют прямыми, образуя координатную сетку.

**Нанесение точек на план по координатам.** Построенную координатную сетку оцифровывают таким образом, чтобы замкнутый ход, который необходимо нанести разместился в ее средней части. Затем по координатам на план наносится первая точка. Далее определяют разность координат первой точки и соответствующих точек сетки. Полученные отрезки откладывают на соответствующих сторонах сетки. Контроль наложенных на план точек теодолитного хода состоит в сравнении длин сторон хода, измеренных на плане, с их размерами, записанными в ведомости для вычисления координат. Допустимые расхождения при этом для каждой линии не должны превышать 0,3 мм.

### **Составление плана участка местности по материалам теодолитной съемки**

Контурный план местности строят, руководствуясь абрисом и данными журнала угловых и линейных измерений. Способ нанесения контуров на план определяется способом их съемки.

Контуры ситуации, снятые способом обхода, наносят на план либо по координатам, либо (при несложной их конфигурации и небольшом периметре) по румбам.

Если съемка ситуации производилась способом перпендикуляров, то на план ее наносят с помощью линейки, треугольника, циркуля-измерителя и масштабной линейки в том же порядке, в каком составлялся абрис.

Точки, снятые способом линейных засечек, наносят на план циркулем-измерителем и масштабной линейкой.

Для нанесения точек, снятых способом угловых засечек, используют транспортир.

Точки, снятые полярным способом, можно наносить при помощи транспортира, циркуля-измерителя и масштабной линейки. Однако

более рационально эту работу выполнять круглым транспортом.

Построенный в карандаше план вычерчивают тушью, пользуясь при этом условными топографическими знаками, принятыми для лесных планов и карт.

При составлении плана лесных угодий и объектов землепользования над рамкой плана пишут «План лесонасаждений» с указанием названия лесхоза. Ниже указывают год съемки (лесоустройства) и общую площадь объекта съемки. На свободном месте плана помещают экспликацию - таблицу с указанием площади отдельных видов лесонасаждений и объектов землепользования. Вдоль границ объекта съемки пишут названия смежных землепользователей. Границы показывают соответствующими условными знаками. Под нижней рамкой плана вычерчивают линейный или поперечный масштаб. В правом углу плана указывают фамилии исполнителей съемки и составителей плана, а в левом углу - фамилии лиц, проверявших результаты съемки и принимавших план.

## ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ НИВЕЛИРОВАНИЕ

С помощью геометрического нивелирования создается высотная опорная геодезическая сеть и получают данные для высотного обоснования топографических и аэрофототопографических съемок, определения профилей рек, проектирования и строительства водохранилищ, систем мелиорации, каналов, путей водного транспорта леса, автомобильных и железных дорог, линий электропередач.

При изыскании линейных сооружений производят нивелирование их трасс. Крупномасштабные планы небольших территорий равнинной местности с изображением на них рельефа получают при помощи нивелирования поверхности. Нивелирные работы необходимы при переносе на местность (в натуру) запроектированных сооружений, в том числе дорог, мостов, зданий и других объектов.

Геометрическое нивелирование применяется для изучения вертикальных движений земной коры, измерения деформаций и осадки инженерных сооружений.

### Способы геометрического нивелирования

Различают два способа геометрического нивелирования: из середины и вперед.

*Нивелирование из середины.* При этом способе нивелир, позволяющий получить горизонтальный луч, устанавливают между нивелируемыми точками  $A$  и  $B$  (рис. 44), в которых ставят вертикально рейки.

Место установки нивелира для работы называют станцией. Если нивелирование производят в направлении от точки  $A$  к точке  $B$ , то рейка, стоящая на точке  $A$ , называется задней, а на точке  $B$  - передней. Высота горизонтального визирного луча над точкой  $A$  определяется отсчетом назад  $a$  по задней рейке, полученным по средней горизонтальной нити сетки, видимой в поле зрения зрительной трубы нивелира. Высота горизонтального визирного луча над точкой  $B$  определя-

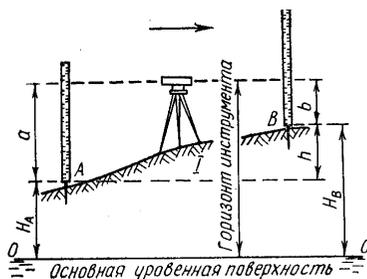


Рисунок 44. Нивелирование из середины

ется отсчетом вперед  $b$  по передней рейке. Превышение между точками

$$h = a - b ; \quad (128)$$

т. е. при нивелировании из середины превышение равно отсчету назад минус отсчет вперед.

*Нивелирование вперед.* Нивелир устанавливают над задней точкой А (рис. 45). Измеряют высоту нивелира  $i$ , т. е. расстояние по вертикали между визирной осью зрительной трубы и точкой, над которой установлен нивелир. Берут отсчет  $b$  по рейке, поставленной отвесно на точке В. Тогда

$$h = i - b ; \quad (129)$$

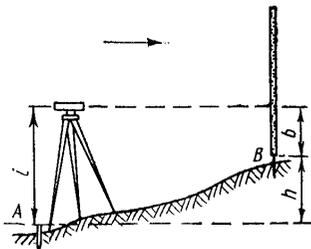


Рисунок 45. Нивелирование вперед

т. е. при нивелировании вперед превышение равно высоте нивелира минус отсчет вперед.

Если превышения одной или нескольких точек определены при одной постановке нивелира (при одной станции), то такое нивелирование называется простым.

Если для определения превышения между двумя точками А и К требуется не одна станция, а несколько, то такое нивелирование называется сложным (рис. 46).

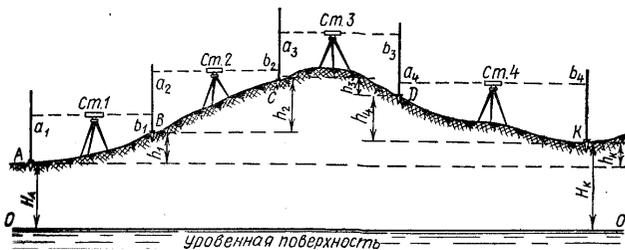


Рисунок 46. Сложное нивелирование

В этом случае

$$h_k = h_1 + h_2 + \dots + h_n = (a_1 - b_1) + (a_2 - b_2) + \dots + (a_n - b_n) ; \quad (130)$$

или;

$$h_k = \sum_{i=1}^n a_i - \sum_{i=1}^n b_i \quad (131)$$

т. е. при сложном нивелировании из середины превышение конечной точки над начальной равно сумме всех отсчетов назад минус сумма всех отсчетов вперед.

При сложном нивелировании вперед

$$h_k = \sum_i^n i - \sum_i^n b \quad . \quad (132)$$

*Вычисление отметок точек.* Если известна высота  $H_A$  точки  $A$  над основной уровенной поверхностью, то высота точки  $B$  (рис. 44)

$$H_B = H_A + a - b \quad \text{или} \quad H_B = H_A + h \quad ; \quad (133)$$

т. е. отметка последующей точки равна отметке предыдущей точки плюс превышение между ними.

Отметки точек можно вычислить и через горизонт нивелира -  $ГИ$ . Горизонтом нивелира называется высота его визирной оси над уровенной поверхностью

$$\tilde{A}\tilde{E} = H_A + a \quad . \quad (134)$$

Тогда  $H_B = \tilde{A}\tilde{E} - b \quad . \quad (135)$

### **Подготовка трассы для нивелирования**

*Трассой* называется продольная ось проектируемого линейного сооружения дороги. Проектирование дороги начинают с трассирования ее, т. е. определения наиболее целесообразного направления трассы, предварительно проводимого по топографическим картам или аэроснимкам. Окончательно положение оси дороги определяют на местности по утвержденному варианту трассы: находят и вешат линии заданного направления и уклона, измеряют углы поворота, разбивают пикетаж, закругления и поперечники, производят съемку полосы местности и нивелирование трассы и поперечников для составления продольного профиля трассы.

Если перенесение трассы с карты или аэроснимка на местность затруднено в связи с отсутствием четких опознаваемых контуров, то в этом случае пользуются, например, определенными по карте магнитными или истинными азимутами проектируемой трассы.

Вначале по плану или карте, на которых запроектировано положение трассы, отыскивают на местности начальную точку - вершину первого угла поворота и по возможности еще одну - две точки трассы и ставят на них вехи. Над начальной точкой трассы приводят теодолит в рабочее положение и визируют зрительной трубой на вершину первого угла поворота, отсчитывая магнитный азимут. Потом при помощи теодолита вешат прямолинейный участок трассы (между теодолитом и первой вершиной угла поворота) способом «на себя». При этом вехи, начиная с дальней, выставляют через 20-30 м в лесу и через 100-200 м в открытой местности. Затем теодолит приводят в рабочее положение над вершиной первого угла поворота и, пользуясь определенным по плану (карте) азимутом второго прямолинейного участка трассы, строят его на местности, выставляя, как и на первом участке, вехи, начиная с установленной в вершине второго угла поворота трассы. Так поступают, пока не дойдут до конечной точки трассы.

### Измерение углов поворота и ориентирование трассы

В результате трассирования и вешения на местности получают ломаную линию трассы  $ABCD$  (рис. 47). Углом поворота ( $\alpha$ ) трассы называется угол, составленный продолжением предыдущего и направлением последующего ее участков. В соответствии с рис. 47 угол поворота вправо

$$\alpha_{\text{п}} = 180^\circ - \beta' \quad (136)$$

а угол поворота влево

$$\alpha_{\text{л}} = \beta'' - 180^\circ \quad (137)$$

здесь  $\beta'$  и  $\beta''$  - правые по ходу горизонтальные углы между смежными прямолинейными отрезками трассы.

Углы  $\beta$  измеряют при помощи теодолита одним приемом, а для контроля измеренных углов определяют прямой и обратный магнитные румбы каждой стороны трассы. Азимуты прямых участков трассы находят по формуле,

$$A_{i,i+1} = A_{i-1,i} + 180^\circ - \beta_i \quad (i=1, 2, \dots, n), \quad (138)$$

а для проверки этих вычислений служат форму-

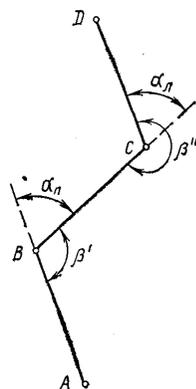


Рисунок 47. Угол поворота трассы

лы

$$A_{i,i+1} = A_{i-1,i} + \alpha_I, \quad A_{i,i+1} = A_{i-1,i} - \alpha_E. \quad (139)$$

### **Разбивка пикетажа и поперечников. Съёмка ситуации**

В направлении выставленных вех по трассе в их створе через каждые 100 м измеряют отрезки и закрепляют их кольями. Отрезки длиной в 100 м по горизонтальному положению называются *пикетами*.

*Разбивка пикетажа.* При разбивке пикетажа на трассе расстояния измеряют землемерной лентой или другими мерными приборами с дециметровыми делениями.

При разбивке пикетажа на участках с наклоном местности выше 3-4° вводят поправку за счет наклона, т. е. 100-метровые отрезки удлиняют на величину

$$\Delta s = s - s \cos v. \quad (140)$$

Для получения 100-метровых отрезков по горизонтальному положению измерения по наклонным участкам производят уступами («лесенкой»), придавая ленте горизонтальное положение.

Каждый пикет закрепляют деревянным кольшком, забиваемым вровень с землей. В 20-25 см от него впереди по ходу забивают сторожок, на котором пишут номер пикета, обозначающий выраженное в сотнях метров расстояние от начала трассы до данного пикета, обращая надпись в сторону начала трассы. В начальной точке трассы на сторожке пишут ПК0 (нулевой пикет), следующие пикеты обозначают ПК1, ПК2 и т. д. Например, надпись ПК96 показывает, что расстояние от начала трассы до этого пикета равно 9600 м.

Если трасса проходит по неровной местности, то все Места перегиба земной поверхности, не совпадающие с пикетами, отмечают плюсовыми точками, забивая в землю сторожки с указанием на них расстояния от ближайшего заднего пикета. Например, надпись ПК 41+25 означает, что данная плюсовая точка расположена между пикетами 41 и 42. На расстоянии 25 м от пикета 41.

В тех случаях, когда пикеты разбивают одновременно с двух концов трассы, в месте встречи расстояние между двумя конечными пикетами будет меньше 100 м. Пикет, закрепляющий такое расстояние, называется *рубленным*.

*Разбивка поперечников.* Если трасса проходит по местности, имеющей поперечные уклоны, то производят разбивку поперечников. Длину поперечников для лесовозных дорог назначают в 20 - 50 м в каждую сторону от оси трассы, что регламентируется требованиями строительных норм и правил (СНиП), а также техническими указаниями для проектирования лесовозных дорог.

На поперечниках деревянными колышками и сторожками закрепляют не только их конечные точки, но и точки между ними, высоты которых подлежат определению. На сторожках пишут номер пикета или плюсовой точки, к которой относится данный поперечник. Кроме того, на сторожке ставят буквы Л (левый) и П (правый), которыми указывают положение точки поперечника относительно направления трассы. Например, надпись ПК 10+20, Л15 означает, что данная точка расположена на пикете 10+20 м, слева от оси трассы на 15 м.

*Съемка ситуации.* Попутно с разбивкой пикетажа производят съемки ситуации в притрассовой полосе местности шириной до 20 - 50 м с каждой стороны трассы. Ситуацию снимают относительно точек оси трассы перпендикулярами, линейными и угловыми за-сечками.

*Пикетажный журнал.* Пикетажный журнал ведут на бумаге, имеющей сетку квадратов 1х1 см, или на милли-метровой бумаге. Масштаб для зарисовок ситуации в пикетажном журнале выбирают так, чтобы все подробности местности были четко изображены. Для участков со сложными рельефом и ситуацией масштаб должен быть более крупным. В пикетажном журнале ось трассы независимо от наличия закруглений условно изображают прямой, а съемку ситуации ведут относительно касательных, а не круговой кривой. Направление поворота трассы показывают стрелкой.

*Закрепление трассы на местности.* Помимо пикетов и плюсовых точек, на трассе при изысканиях лесовозной дороги через каждые 2 км устанавливают вежи высотой до 6 - 7 м.

Каждую вершину угла поворота (ВУП) обозначают колышком с гвоздем в его торце. Вершины поворота дополнительно закрепляют створными деревянными столбами длиной около 2 м, зарываемыми в землю на 1,2 - 1,3 м. Столбы располагают на биссектрисе горизонтального угла  $\beta$  вне зоны предстоящих земляных работ по обе стороны трассы. Расстояние от столбов до точки (ВУП) изме-

ряют с точностью до 1 см. На столбах краской пишут номера пикетов и наименование организации, производившей изыскания.

Вдоль трассы устанавливают постоянные и временные нивелирные реперы, расположенные не реже чем через 2 - 3 км.

### **Нивелирование по пикетажу**

При нивелировании трассы должны быть определены отметки всех пикетов и плюсовых точек, поставленных при разбивке пикета.

*Техника нивелирования по пикетам.* На рис. 48 представлена схема нивелирования участка трассы лесовозной дороги, выполненного нивелиром с горизонтальным лучом визирования в комплекте с двумя двусторонними рейками.

При нивелировании этого участка нивелир последовательно устанавливают на станциях 1, 2, 3, ... приблизительно посередине между двумя связующими точками, в качестве которых могут служить пикеты (в нашем примере ПК0, ПК2 и ПК3), плюсовые точки и так называемые *x*-точки, например колышек  $x_l$ . При крутых откосах между двумя пикетами может быть не одна, а несколько связующих *x*-точек, не имеющих пикетажных наименований и на отмечаемых на профиле трассы.

Связующие точки на каждой станции нивелируют с контролем. Для этого, после приведения нивелира в рабочее положение берут отсчет (1) по черной стороне задней рейки (по средней нити сетки), затем отсчеты (2) по черной и (3) по красной сторонам передней рейки и отсчет (4) по красной стороне задней рейки. В журнале нивелирования (табл. 9) вычисляют разности отсчетов по черной и красной сторонам для каждой рейки, т. е. (5) = (4) - (1) и (6) = (3) - (2), а потом превышения (7) = (1) - (2) и (8) = (4) - (3) передней точки под задней в соответствии с формулой (129). Так как нули красной стороны реек № 1 и № 2 отличаются на 100 мм, то и превышения (7) и (8) должны различаться на 100 мм, а расхождение между двумя их значениями не должно превышать  $\pm 5$  мм с учетом различия на 100 мм.

При переходе с нивелиром на каждую следующую станцию рейки меняют местами. Так, на станции 2 рейка № 2 становится задней, оставаясь на ПК0, а рейку № 1 переносят на переднюю связующую точку (ПК2). После взятых отсчетов по черной и крас-

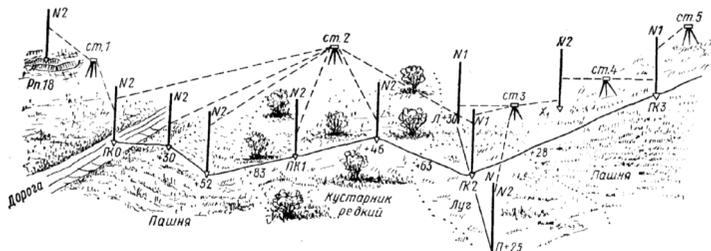


Рисунок 48. Схема нивелирования по пикетам

ной сторонам рек, поставленных на связующих точках, и вычисления среднего значения превышения (9) задний реечник последовательно ставит свою рейку на промежуточные точки ПК0 + 30, ПК0 + 52, ПК1, ПК1+46, а нивелировщик каждый раз берет по средней нити сетки соответствующие отсчеты (10), (11), (12) и (13) только по черной стороне этой рейки. Полученные значения отсчетов заносят в журнал нивелирования.

Затем нивелир переносят на станцию 3 и после нивелирования связующих точек ПК2 и  $x_i$  нивелируют как промежуточные точки поперечника ПК2 Л+30 и ПК2 П+25 и т. д. по всей трассе. Если по условиям местности с одной станции невозможно взять отсчеты по рейке для всех точек поперечника, то левые и правые его точки нивелируют с разных станций. Так, например, точку ПК2 Л+30 можно пронивелировать со станции 2, а ПК2 П+25 - со станции 3.

Если нивелирование выполняется при помощи односторонних рек, то для контроля связующие точки нивелируют дважды: сначала берут отсчеты по среднему штриху сетки по задней и передней рейкам, затем изменяют положение нивелира по высоте на 3-5 см и снова берут отсчеты по рейкам. Отсчеты по среднему штриху на промежуточные точки берут при втором положении нивелира после того, как подтвердится правильность нивелирования связующих точек.

При нивелировании по пикетам предельная длина визирного луча принимается 100-150 м в зависимости от увеличения зрительной трубы нивелира и условий видимости.

*Перерыв в работе.* Нивелирование по пикетажу при любом перерыве надо заканчивать на постоянном или временном репере, качестве которого можно использовать специально вбитый в зем-

лю кол, гвозди или штыри, забитые в пни деревьев, надежные камни и пр. Не разрешается прерывать нивелирование на пикетных колышках трассы и исковых точках.

### **Плановая и высотная привязка трассы**

Трасса будущей лесовозной дороги должна быть привязана к ближайшим геодезическим пунктам (если они имеются в рай-оне работ) через каждые 10 км как в плановом, так и в высотном отношении. Поскольку эти пункты чаще всего расположены в стороне от трассы, то к ним от точек трассы прокладываются специальные привязочные ходы.

В инструкциях по нивелированию трасс лесовозных дорог указываются предельные расстояния до грунтовых и ственных реперов, к которым привязка трассы обязательна. В среднем эти расстояния не превышают 5 км, но в некоторых случаях их разрешается увеличивать до 10 км. Привязочные ходы нивелируют по способу из середины с отсчетами по черной и красной сторонам реек. Такие ходы прокладывают, по кратчайшему направлению, удобному для беспрепятственного продвижения (по дорогам, тропинкам, просекам и т. п.), при этом пикетаж не разбивают, а нивелирные рейки ставят на переносные башмаки или костыли.

В тех случаях, когда густота пунктов высотной геодезической сети в районе работ недостаточна для привязки к ним трассы, нивелирный ход привязывают только к одному реперу и нивелирование по пикетам выполняют в прямом направлении, а затем (для контроля) в обратном. Такие висячие ходы целесообразно прокладывать при помощи двух нивелиров в одном направлении. Один из способов двойного нивелирования состоит в том, что первый нивелировщик нивелирует только связующие точки, а второй - все связующие и все промежуточные точки пикетажа, а также другие точки, привязываемые к трассе.

Плановую привязку трассы производят с помощью теодолитных ходов, прокладываемых от точек трассы к пунктам триангуляции или полигонометрии. При отсутствии таких пунктов трассу ориентируют по истинным азимутам, которые определяют через каждые 40 км. Для более коротких трасс в исключительных случаях допускается ориентирование по магнитному меридиану.

При привязке нивелирного хода к грунтовому реперу надо

осторожно откопать головку репера и очистить от земли для постановки на нее рейки, а после окончания работы вновь засыпать репер землей и покрыть дерном. Привязка к стенной марке, отметка которой отнесена к его центру (высверленному отверстию), производится при помощи специальной подвесной реечки или рулетки. В последнем случае отмечают на стене карандашом тонкой чертой проекцию среднего горизонтального штриха сетки зрительной трубы нивелира, после чего измеряют расстояние по вертикали между чертой и отверстием на марке.

### Обработка материалов нивелирования по пикетам

При нивелировании трассы журнал (табл. 9) заполняют так, чтобы левая его страница начиналась отсчетом на заднюю связующую точку и кончалась отсчетом на переднюю. Журнал нивелирования обрабатывают, как правило, ежедневно после окончания работы в поле. Начинают обработку с проверки записей и вычислений, сделанных на трассе. Затем подсчитывают и записывают внизу каждой страницы журнала суммы:

$\sum a$  и  $\sum b$  - всех отсчетов по задним и передним рейкам (колонки 3 и 4);

$\sum h_i$  - средних превышений, записанных в колонке 8,

$\sum h$  - средних значений превышений (колонка 9).

Если предыдущие вычисления сделаны правильно, то будут соблюдаться равенства не только для каждой страницы, но и для всего нивелирного хода:

$$\sum a - \sum b = \sum h_i \quad \text{и} \quad \frac{\sum a - \sum b}{2} = \sum h \quad (141).$$

После этого вычисляют невязку  $f_h$  хода. Если нивелирный ход по пикетам проложен между начальным и конечным реперами с известными отметками  $H_n$  и  $H_k$ , то невязку находят по формуле

$$f_h = \sum h_{\text{н\ddot{o}}} - (H_k - H_n) ; \quad (142)$$

а для замкнутого хода  $f_h = \sum h$  . (143)

Невязка  $f_h$  считается допустимой, если она не превышает предельной величины, определяемой по формуле,

$$f_{\text{ДЛА}} = \pm 50 \sqrt{L} \quad \text{мм.} \quad (144)$$



где  $L$  - длина нивелирного хода, км.

Если по условиям рельефа число станций  $n$  на 1 км хода больше 25, то предельную невязку подсчитывают по формуле

$$f_{\text{ДМД}} = \pm 10\sqrt{n} \text{ мм.} \quad (145)$$

Для висячих нивелирных ходов, которые прокладывают в прямом и обратном направлениях или двумя нивелирами в одном направлении от одного репера с известной отметкой, невязку  $f_h$  вычисляют как разность двух значений превышения конечной точки над начальной по каждому ходу. Предельно допустимую величину этой невязки определяют по формуле (144) либо (145), приняв значение  $L$  или  $n$  соответствующими удвоенной длине хода одного направления.

Допустимую невязку распределяют приблизительно поровну между всеми превышениями связующих точек, округляя поправки до целых миллиметров или до 0,5 мм с таким расчетом, чтобы исправленные средние превышения выражались в целых миллиметрах.

По урavnенным превышениям  $h$  последовательно вычисляют отметки всех связующих точек,

$$H_{i+1} = H_i + h_i ; \quad (146)$$

а правильность этих вычислений проверяют по формуле

$$H_K = H_{n-1} + h_{i-1} . \quad (147)$$

Далее определяют горизонт нивелира  $ГН$  для каждой из станций, с которых нивелировали промежуточные точки по формуле

$$\tilde{A}I_i = H_i + a_i \quad (148)$$

а для контроля

$$\tilde{A}I_i = H_{i+1} + b_i , \quad (149)$$

где  $H_i$  и  $H_{i+1}$  - отметки задней и передней связующих точек данной станции.

### **Составление плана и профиля трассы и профилей поперечников**

Планы и профили трасс лесовозных дорог составляют по дан-

ным пикетажного журнала и вычисленным отметкам.

*План трассы.* План трассы лесовозной дороги составляют в масштабе 1:10000 или 1:5000, а для горной местности - в масштабе 1:2000. На плане условными топографическими знаками показывают снятую узкую полосу местности, прилегающую с обеих сторон к трассе, отмечают точки начала и конца каждой круговой кривой с указанием их пикетажных наименований. План трассы составляют по прямоугольным координатам, вычисленным для вершин углов поворота; допускается составление плана трассы и по измеренным румбам и расстояниям

*Составление продольного профиля.* Профиль трассы лесовозной дороги для большей его наглядности составляют в масштабе для вертикальных расстояний в 10 раз крупнее, чем для горизонтальных. Так, например, продольный профиль трассы автомобильной лесовозной дороги строят в масштабах для горизонтальных линий 1:5000, а вертикальных линий 1:500. Профили трасс узкоколейных лесовозных дорог составляют в масштабах соответственно 1:10 000 и 1:1000.

Профили строят на миллиметровой бумаге, на которую предварительно наносят сетку. На рис. 49 приведен один из образцов сетки для продольного профиля автомобильной лесовозной дороги. На профиле линия АВ сетки должна быть совмещена с одной из утолщенных линий миллиметровой бумаги.

Построение профиля трассы начинают с заполнения графы расстояний по данным пикетажного журнала и журнала нивелирования. В этой графе вертикальными прямыми обозначают все точки трассы, отметки для которых определены при нивелировании, и указывают расстояния между ними. В следующей графе пишут порядковые номера пикетов. Если между двумя пикетами нет плюсовых точек, то расстояния 100 м не записывают. Рубленный пикет условно показывают на расстоянии 100 м от отвечающего ему пикета трассы, но над линией А В сетки внутри условного знака рубленого пикета указывают его длину; на рис. 49 рубленный пикет 10 показан на расстоянии 78,42 м от пикета 9.

Ниже графы расстояний строят проектный план трассы. Круговые кривые трассы изображают дугами. Дуга, обращенная выпуклостью вверх, означает поворот трассы вправо, а выпуклостью вниз - поворот трассы влево. Над такой дугой или под ней записы-

вают значения основных элементов соответствующей круговой кривой - радиус, угол поворота, длины тангенса и кривой. Для прямых участков трассы указывают их длину и румб. Точки начала и конца каждой дуги соединяют вертикальными линиями с графой расстояний и рядом с этими линиями записывают расстояния до ближайшего младшего и старшего пикетов от точек начала и конца данной круговой кривой.

В нижней части профиля проставляют километровые указатели. Если на трассе имеются рубленые пикеты, то километровые указатели смещают вдоль графы пикетов так, чтобы между ними соблюдалось расстояние 1000 м в масштабе для горизонтальных линий; на рис. 49 смещен указатель, отмечающий 1 км.

Графу, содержащую ситуацию полосы, прилегающей к трассе, заполняют по данным пикетажного журнала. Посередине этой графы проводят прямую, изображающую ось трассы.

Графу «Отметки земли» или так называемые черные отметки заполняют по данным журнала нивелирования трассы. Эти отметки записывают с округлением до 0,01 м для всех точек трассы.

От линии АВ сетки в масштабе для вертикальных расстояний откладывают по вертикалям отметки земли. Найденные точки соединяют прямыми отрезками и получают изображение профиля земной поверхности, условно называемое черным профилем. Наименьшее расстояние от черного профиля до линии АН сетки следует брать 8-12 см, поэтому для линии АВ принимают отметку, кратную 10 м, и от этой линии откладывают по вертикали отрезки, равные разности между отметкой наносимой на профиль точки и отметкой линии АВ. Например, если для ПК10  $H_{10} = 89,41$  м, то, приняв  $H_{AB} = 30$  м, откладывают по вертикали от линии АВ только 59,41 м.

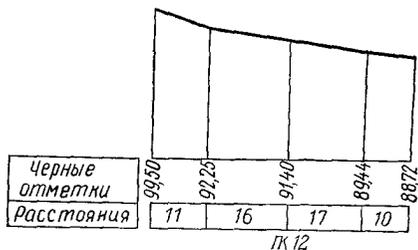
*Поперечные профили.* Профили каждого поперечника (рис. 50) строят по данным журнала нивелирования в масштабе для горизонтальных и вертикальных расстояний 1:100 или 1:200. Под сеткой указывают наименование пикета, на котором был разбит поперечник.

### **Проектирование по профилю**

Линию проектного профиля лесовозной дороги строят на продольном профиле (рис. 49), руководствуясь техническими условия-



ми на проектирование и строительство соответствующих лесовозных дорог, в которых указаны предельный уклон дороги, минимальные высоты дорожной насыпи и другие обязательные условия проектирования. Ниже рассматривается лишь геометрическая сторона этого вопроса.



Вертикальный масштаб:  
Рисунок 50. Профиль поперечника

На рис. 49 показан проектный профиль будущей лесовозной дороги, состоящий из отрезков прямых разной длины, направлений и уклонов. Места перелома проектного профиля отмечены в графе проектных уклонов вертикальными прямыми, делящими эту графу на прямоугольники. Внутри прямоугольников в соответствии с направлением уклона данного участка проектной линии проводят диагонали. Над каждой диагональю записывают величину уклона  $i$  (выраженную в тысячных), а под ней - длину участка в метрах

Численные значения отметок точек проектной линии называют проектными (или красными). Проектные отметки  $H_n$  и  $H_k$  начальной и конечной точки данного участка проектной трассы определяют по профилю графически с учетом требуемой высоты насыпи или выемки, а уклон этого участка вычисляют по формуле

$$i' = \frac{H_k - H_n}{s}, \quad (150)$$

где  $s$  - длина участка.

Полученное значение  $i'$  округляют с требуемой точностью, затем вычисляют окончательное значение отметки  $H_k$  по формуле

$$H_k = H_n + is \quad (151)$$

и записывают его в графу проектных отметок.

Проектные отметки всех промежуточных пикетов данного участка проектной линии последовательно определяют по формуле

$$H_{i+1} = H_i + is, \quad (152)$$

и записывают в графу проектных отметок.

Разности между проектными отметками и отметками земли одних и тех же точек называются рабочими отметками. Положитель-

ные величины рабочей отметки выражают высоту насыпи (их пишут над профилем), а отрицательные - глубину выемки (их пишут под профилем).

Если перелом проектной линии оказался не на пикете и не на плюсовой точке, то для вычисления рабочей отметки отметку земли находят интерполированием, а ее величину записывают в скобках.

Точка пересечения проектной линии с линией земли называется *точкой нулевых работ*, здесь рабочая отметка равна нулю (выемка переходит в насыпь и наоборот).

При проектировании по профилю определяют расстояние  $S_1$  от точки нулевых работ до ближайшего пикета (рис. 51) или плюсовой точки по формуле

$$s_1 = s \frac{h_1}{h_1 + h_2} \quad (153)$$

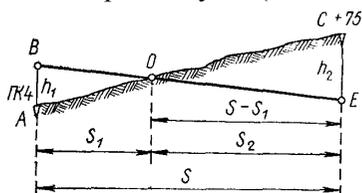


Рисунок 51. Определение положения точки нулевых работ

### Нивелирование поверхности

Нивелирование поверхности участков производят для составления планов местности в горизонталях, необходимых для проектирования лесозаготовительных предприятий, жилых поселков, лесных складов, лесомелиоративных работ и др.

*Нивелирование поверхности по квадратам.* Этот способ применяют в открытой местности. Перед нивелированием на участке при помощи теодолита и землемерной ленты разбивают сетку квадратов. Размеры сторон квадратов такой сетки зависят от рельефа снимаемого участка и назначения плана. В практике лесного хозяйства и лесной промышленности стороны квадратов сетки имеют размеры от 20 до 100 м.

На рис. 52,а показана сетка квадратов со стороной 20 м. Для ее получения на всей площади разбивают основные квадраты размером 100х100 м; вершины их обозначают, например, арабскими цифрами. На сторонах основных квадратов, пользуясь землемерной лентой, через 20 м отмечают точки для заполняющей сетки квадратов. Остальные ее вершины можно найти при помощи 100-метрового троса (веревки), размеченного через 20 м и натягиваемого между точками сторон основных квадратов. Вершины заполня-

ющих квадратов закрепляют деревянными кольшками. Для более точного изображения на плане всех деталей рельефа дополнительными кольшками отмечают соответствующие точки местности, лежащие вне вершин квадратов.

Одновременно с разбивкой сетки квадратов производят съемку ситуации местности; образец составляемого абриса такой съемки для основного квадрата 1, 2, 7, 6 приведен на рис. 52, б. После этого вблизи участка устанавливают грунтовый репер и определяют его отметку от ближайшего пункта высотной геодезической сети. Затем прокладывают нивелирный ход по сторонам основной сетки и определяют превышения между ее смежными вершинами. Убедившись, что невязка превышений не превосходит  $\pm 10\sqrt{n}$  мм (здесь  $n$  - число станций в ходе), уравнивают превышения и вычисляют отметки точек.

На рис. 52, в дан образец записи результатов нивелирования по квадратам для участка, ограниченного сторонами основного квадрата 1, 2, 7, 6 (рис. 52, а). Так как между точками на такой местности имеются значительные превышения, то нивелировали ее с двух станций (станция 1 и 2), и граница для точек, которые нивелировали с этих станций, показана линией ABC.

Нивелирование на каждой из этих станций выполняют в следующем порядке. После приведения нивелира в рабочее положение на станции 1

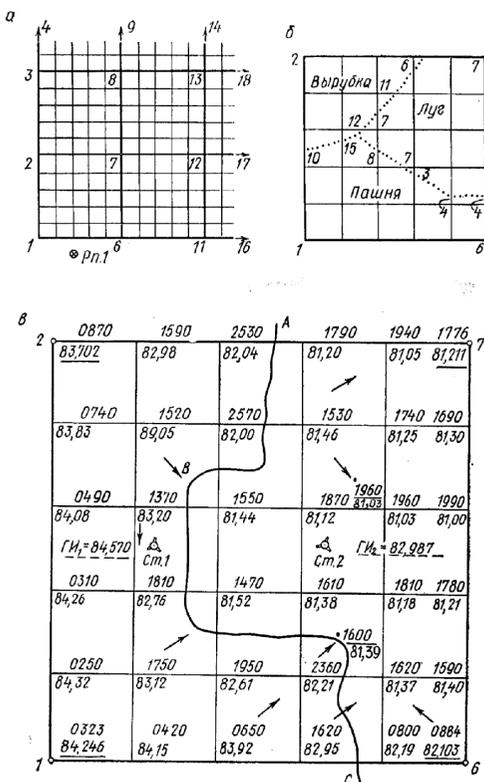


Рисунок 52. Нивелирование по квадратам а - разбивка сетки, б - абрис, в - журнал нивелирования

(рис. 52, б) рейки ставят на колышки в точках 1 и 2 с уже известными отметками (которые записывают в журнале с точностью до 0,001 м). Потом берут отсчеты  $a_1$  и  $a_2$  по черным сторонам реек, установленных на точках 1 и 2, и заносят отсчеты в журнал; вычисляют горизонт нивелира

$$\tilde{A}I' = H_1 + a_1, \quad \tilde{A}I'' = H_2 + a_2,$$

и записывают в журнале его среднее. Допустимое расхождение в значениях  $GH'$  и  $GH''$  не должно превышать 5-10 мм. Затем рейки последовательно устанавливают в вершинах квадратов заполняющей сетки, берут по их черным сторонам отсчеты и с точностью до 1 мм и заносят в журнал, в котором стрелками указывают и направления ската, если они совпадают с направлением диагонали в соответствующих квадратах (см. рис. 52, в). Закончив нивелирование всех вершин заполняющей сетки квадратов, со станции 1 переходят с нивелиром на станцию 2. На станции 2 горизонт нивелира определяют, пользуясь отсчетами по рейкам, установленным в точках 7 и 6, для которых отметки  $H_7$  и  $H_6$  известны. Получив значения  $GH_2$  рейки последовательно ставят на все вершины заполняющей сетки квадратов, находящиеся правее линии  $ABC$ , и каждый раз берут отсчеты только по их черным сторонам.

Отметки вершин заполняющей сетки квадратов вычисляют с точностью до 0,01 м по формуле

$$H_i = \tilde{A}I' - a_i,$$

где  $i$  — номер вершины.

На равнинной местности с одной станции можно нивелировать участки площадью до 4 га.

Если стороны квадратов заполняющей сетки равны 50-100 м, то для нивелирования их вершин нивелир устанавливают приблизительно в пересечении диагоналей данного квадрата. Вначале последовательно нивелируют все квадраты по контуру участка, а затем - вершины внутренних рядов квадратов, но не каждого ряда, а через один. Отсчеты по рейкам записывают на вычерченной схеме сетки квадратов у их соответствующих вершин. На схеме указывают отсчеты по рейкам, поставленным на местности в точках перегиба рельефа, а также высоту нивелира. Один из способов контроля работы на станции заключается в вычислении двух значе-

нии разностей отсчетов, полученных для связующих точек со смежных станций нивелирования. Эти разности отсчетов являются разностями горизонтов нивелира, их величины не должны различаться более чем на 10 мм.

Обработку результатов нивелирования начинают с определения горизонта нивелира той станции, с которой взят отсчет на точку с известной отметкой. Затем последовательно вычисляют значение горизонта нивелира ( $ГН$ ) для всех станций, используя средние величины разностей горизонтов нивелира. Уравнивание величин  $a$  производят так же, как и уравнивание превышений при нивелировании по пикетам. По уравненным разностям горизонтов нивелира находят окончательные значения горизонтов нивелира, а затем и отметки вершин квадратов по формуле

$$H_i = \check{A}'_j - a_i$$

здесь  $j$  - номер станции;  $i$  - номер вершины.

## ТАХЕОМЕТРИЧЕСКАЯ СЪЕМКА

### Сущность тахеометрической съемки

Тахеометрическая съемка - это такой вид геодезических работ, при котором, пользуясь полярной системой координат и при одном визировании на рейку, находящуюся в снимаемой точке, получают все данные для трех координат этой точки направления, расстояния и превышения. Расстояния определяют по дальномеру, горизонтальные углы (направления) - при помощи горизонтального круга, превышения - посредством вертикального круга теодолита или тахеометра.

Тахеометрическая съемка состоит из полевых и камеральных работ.

Полевые работы заключаются в определении координат пикетов - точек установки тахеометрической рейки.

Камеральные работы сводятся к обработке полевых данных, составлению и вычерчиванию топографического плана.

Тахеометрическая съемка применяется при изысканиях для проектирования и строительства различных инженерных сооружений, например лесовозных дорог, решения задач лесомелиорации и др.

### Съемка ситуации и рельефа

В зависимости от назначения тахеометрическая съемка бывает *маршрутная* (для проектирования линейных сооружений - дорог, осушительных каналов и др.) и *площадная* (съемка отдельного участка).

*Порядок работы на станции.* Тахеометр устанавливают в рабочее положение над точкой съемочной опорной сети. Измеряют с погрешностью не более 0,5 см высоту тахеометра  $i$  (вертикальное расстояние верха кольшка до оси вращения зрительной трубы тахеометра). Затем горизонтальный круг тахеометра ориентируют относительно одной из сторон съемочной опорной сети. Для этого на горизонтальном круге тахеометра устанавливают отсчет, равный  $0^{\circ} 00'$ . Крепят лимб с алидадой и, отпустив закрепительный винт лимба, наводят визирную ось зрительной трубы на заднюю точку хода, крепят лимб и проверяют установленный отсчет. После этого приступают к съемке ситуации и рельефа.

Ориентирование лимба горизонтального круга на данной станции периодически проверяют, пока не закончат съемку.

Форма журнала тахеометрической съемки приведена в таблице

10. В таком журнале на каждой странице в верхней ее части записывают высоту тахеометра  $i$ , длину рейки  $v$  и отметку  $H_{ст}$  станции, полученную из вычислений при создании планово-высотного съемочного обоснования.

В первую строку журнала записывают отсчет по горизонтальному кругу ( $\beta=0^{\circ}00'$ ), полученный при наведении визирной оси зрительной трубы тахеометра на пункт ориентирования VI (рис. 53) планово-высотной съемочной сети, и отсчеты по вертикальному кругу при визировании на пункт VI при КЛ и КП. Затем вычисляют место нуля (МО) и, убедившись в его постоянстве, записывают его значение в верхней части журнала. После этого производят съемку ситуации и рельефа. С каждой станции хода полярным способом снимают реечные точки; при этом вначале определяют те из них, по которым можно построить на плане контуры ситуации, потом снимают высотные точки, необходимые для изображения рельефа горизонталями. Точки выбирают на характерных для данного рельефа местах: на подошвах возвышенностей, на вершинах, на тальвегах и т. п.

Густота реечных точек определяется сложностью ситуации и рельефа. Для правильного нанесения на план в последующем реечные точки должны быть выбраны так, чтобы интерполировать горизонтали можно было по линиям, имеющим постоянный уклон.

Для реечных точек, характеризующих ситуацию, при визировании на них измеряют и записывают в журнал тахеометрической съемки (табл. 10) только горизонтальные углы и расстояния до них от станции. Для реечных точек, характеризующих рельеф, определяют еще и углы наклона. При съемке ситуации и рельефа визирование на рейки, находящиеся в снимаемых точках, производят только при одном положении вертикального круга, т. е. при КЛ (при работе с теодолитом ТЗ0); получаемые при этом отсчеты записывают в журнал (табл. 10).

На каждой станции горизонтальные углы для реечных точек измеряют от одного начального направления (при визировании на него отсчет по горизонтальному кругу равен  $0^{\circ}00'$ ). Для этого, отпустив закрепительный винт алидады горизонтального круга, визируют на реечные точки; полученные при этом отсчеты и будут горизонтальными углами. При визировании на реечную точку одну дальномерный штрих сетки совмещают с верхом рейки или высо-

той прибора. Расстояние до речной точки определяют по нитяному дальномеру, для чего производят отсчет делений на рейке, заключенных между дальномерными нитями, и записывают его в журнал (табл. 10). Отсчеты (а) на рейке по средней нити сетки тоже записывают в журнал. После отсчетов по рейке берут отсчеты, по вертикальному кругу и, пользуясь  $MO$ , вычисляют углы наклона  $v$  по формуле

$$v = MO - (\bar{I} - 180^\circ); v = \bar{E} - \bar{II} \quad (154)$$

На каждой станции для каждой речной точки вычисляют расстояние до нее по горизонтальному проложению в соответствии с формулой

$$s = S \cos^2 v \quad (155)$$

где  $S$  – расстояние определенное по дальномеру прибора. Результат записывают в таблицу. Значение величины  $h'$  определяют по формуле

$$h' = S \cdot \operatorname{tg} v$$

пользуясь тахеометрическими таблицами. И, наконец, заполнив колонку значениями  $i-v$  и колонку превышениями  $h_i$ , вычисляют отметки  $H_i$  снимаемых точек по формуле

$$H_i = H_{\bar{N}\bar{O}} + h_i \quad (156)$$

При съемке в равнинной местности превышения целесообразно определять геометрическим способом с помощью нивелира или теодолита, на вертикальном круге которого установлен цилиндрический уровень. Тогда отметки речных точек будут равны

$$h_i = \bar{A}\bar{I} - a_i \quad (157)$$

где  $a_i$  – отсчет по рейке;  $\bar{GH}$  – горизонт прибора.

*Кроки.* Параллельно с журналом тахеометрической съемки ведут кроки, т. е. глазомерную зарисовку ситуации и рельефа снимаемой местности. Кроки составляют отдельно на каждую станцию на листах бумаги, ориентированных по ходу съемки. Их следует ве-

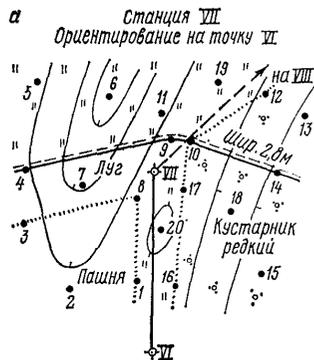


Рисунок 53. Кроки (абрис) тахеометрической съемки



сти условными знаками с пояснительными надписями, приблизительно выдерживая масштаб съемки (рис. 53).

В кроки показывают все речные точки, контуры местности, характерные линии рельефа (лощины, водоразделы, перегибы скатов и др.), а горизонталы рисуют схематично.

### Маршрутная тахеометрическая съемка. Съемка отдельного участка

На рис. 54 приведена маршрутная тахеометрическая съемка полосы местности. Такие съемки производятся, например, для проектирования линейного сооружения  $AB$  (участка дороги, мелиоративных канав и т. п.). В этом случае съемку местности начинают с проложения примерно по середине полосы заданного маршрута, например теодолитно-нивелирного хода  $I-2-3-4-5$  между твердыми пунктами I и III. Сторону  $I-2$  прокладываемого хода в плановом отношении привязывают к твердой стороне III-IV. Плановые координаты точек хода  $1, 2, \dots$  вычисляют как в теодолитной съемке. При помощи нивелира (или теодолита с цилиндрическим уровнем на зрительной трубе) определяют превышения между точками хода.

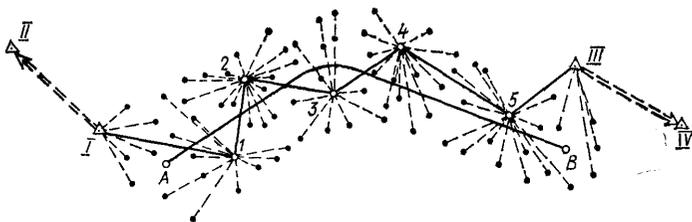


Рисунок 54. Маршрутная тахеометрическая съемка

В таблице 6 приведена форма обработки материалов тахеометрического хода.

После вычисления плановых ( $x$  и  $y$ ) координат точек хода  $1, 2, \dots$  и их высот ( $H$ ) приступают к съемке местности в заданной полосе. Речные точки должны покрывать нею площадь съемки без пропусков характерных точек местности. Но избежание пропусков границы съемки между соседними станциями следует сверять по абрисам смежных станций.

При тахеометрической съемке отдельного участка местности

прокладывают замкнутый теодолитно-высотный ход, а если участок небольшой, то теодолитно-тахеометрический ход. При необходимости для съемки ситуации внутри полигона прокладывают диагональные ходы. Если вблизи снимаемого участка нет пунктов с известными координатами, то в этом случае съемочную опорную сеть ориентируют по истинному меридиану

### Обработка материалов тахеометрической съемки и составление плана участка

Обработку материалов съемки начинают с проверки записей и вычислений в полевых журналах. Затем приступают к вычислению и уравниванию плановых и высотных координат точек планово-высотного съемочного обоснования. Для теодолитно-тахеометрических ходов допустимые линейные невязки определяются по формуле

$$f_{P \text{ ш}} = \frac{1}{400\sqrt{h}} P \quad \text{или} \quad \frac{f_P}{P} \leq \frac{1}{400\sqrt{h}} \quad (158)$$

А высотная невязка такого хода не должна быть больше

$$f_{h \text{ ш}} = \pm 0,04 \frac{P}{\sqrt{n}} \quad \text{см.} \quad (159)$$

В этих формулах  $P$  - длина всего хода,  $m$ ;  $n$  - число его сторон.

*Вычисление отметок вершин хода.* Отметки вершин теодолитно-тахеометрического хода вычисляют в ведомости (табл. 12). В ее первой колонке записывают номера вершин, в колонке 2 - длины сторон  $s$  в метрах. В колонку 3 записывают средние арифметические из абсолютных значений прямых и обратных превышений.

Высотную невязку всего хода определяют по формуле

$$f_h = \sum_{i=1}^n h_{cp,i} - (H_K - H_H) \quad ; \quad (160)$$

где  $h_{cp,i}$  - средние превышения;  $H_K$  и  $H_H$  - отметки конечного и начального пунктов хода.

Если невязка  $f_h$  не превышает величины, вычисленной по формуле (64), то ее распределяют между средними превышениями пропорционально длинам  $s_i$  соответствующих сторон хода, т. е.

$$v_i = -f_h \frac{s_i}{P} \quad (161)$$



Поправки  $v_i$  определенные по этой формуле, контролируются по формуле

$$\sum_{i=1}^n v_i = -f_h \qquad h_{\delta\delta} = h_{\bar{n}\delta} + v_h$$

Знак поправок  $v_i$  (колонка 4) обратен знаку невязки  $f_h$ . Поправки алгебраически складывают со средними превышениями хода (колонка 5), затем вычисляют отметки вершин хода

$$H_i = H_{i-1} + h_i$$

*Вычисление отметок реечных точек.* В журнале тахеометрической съемки (табл. 10) в последнюю колонку заполняют отметка  $H_T$  реечных точек, вычисленными по формуле

$$H_{T,i} = H_{CT} + h_{T,i}$$

где  $H_{CT}$  - отметка станции..

Таблица 12. Вычисление высот пунктов тахеометрического хода

Номер станции	$s, м$	$h_{cp}, м$	$v_h, м$	$h_{ИСПР}, м$	$H, м$
1	2	3	4	5	6

*Составление плана.* Составление плана местности начинают с построения на бумаге координатной сетки и нанесения на план твердых пунктов и точек съемочного обоснования по их координатам. Затем для каждой станции наносят на план реечные точки. Полярные координаты точек  $\beta$  (горизонтальные углы) и  $s$  (расстояния) выбирают из журнала тахеометрической съемки.

Пользуясь кроки, наносят на план ситуацию, после чего приступают к изображению рельефа горизонталями. Предварительно на основе зарисовок рельефа в кроки легкими прерывистыми линиями наносит скелет горизонталей. Затем интерполируют горизонтали между реечными точками и проводят их. При этом сначала горизонталями показывают наиболее высокие и наиболее низкие участки местности (впадины, лощины, седловины), потом проводят горизонтали на остальной части плана.

Полученный в карандаше план тщательно сверяют с местностью в поле, при этом производят контрольные промеры расстояний и определяют отметки точек.

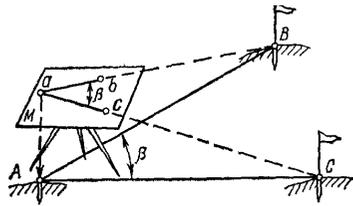
После необходимых исправлений план вычерчивают тушью, руководствуясь таблицами условных топографических знаков. В разрывах некоторых горизонталей, преимущественно утолщенных, пишут их отметки. Горизонталей дополняют отметками отдельных пикетов, расположенных на вершинах холмов, дне ям, лощин, на седловинах, у урезов водных поверхностей и т. п.

## МЕНЗУЛЬНАЯ СЪЕМКА

### Сущность мензульной съемки

В процессе мензульной (или углоначертательной) съемки план местности получают непосредственно в поле, при этом горизонтальные проекции углов между прямыми линиями местности строят графически на самом плане.

Мензульная съемка производится при помощи специального прибора - кипрегеля, который ставят на обклеенный бумагой планшет, предварительно приведенный в горизонтальное положение и закрепленный на штативе над точкой местности. Для построения на плане угла  $abc$ , равного горизонтальной проекции угла  $BAC$  местности (рис. 55), через точку  $a$ , являющуюся на плане проекцией точки  $A$ , визируют при помощи кипрегеля на точку  $B$  и прочерчивают на планшете линию  $ab$ , а после визирования на точку  $C$  - линию  $ac$ . Расстояния  $AB$  и  $AC$  определяют дальномером и, отложив их в принятом масштабе от точки  $a$ , на соответствующих линиях плана получают  $b$  и  $c$  - проекции точек  $B$  и  $C$  местности.



Мензульные съемки проводят преимущественно в масштабах 1:5000 1:1000.

Рисунок 55 Построение горизонтального угла на планшете

### Мензульный комплект

*Мензульный комплект.* В мензульный комплект входят: мензула, кипрегель и ориентир-буссоль, а при крупномасштабной съемке еще и центрировочная вилка.

Мензула состоит из штатива, подставки и планшета. Планшет соединяется со штативом при помощи подставки. Подставку закрепляют на штативе при помощи станкового пиита, который ввинчивают в гайку, имеющуюся в центре пружинящей пластинки. Верхняя часть подставки вращается относительно нижней ее части вместе с закрепленным на подставке планшетом размером 60x60 см. Она имеет закрывательный и наводящий винты.

*Проверки мензулы.* Перед применением мензулы необходимо выполнить следующие ее проверки.

1. Мензула должна быть устойчивой. Для проверки этого усло-

вия устанавливают мензулу, ставят на планшет кипрегель и визируют на какой-либо предмет *A* местности, после чего вдоль скошенного края линейки кипрегеля проводят карандашом на планшете линию. Затем слегка нажимают на боковую грань планшета вблизи его угла, как бы поворачивая планшет в горизонтальной плоскости сначала в одну, потом в противоположную сторону. Если после этих действий ребро линейки не сдвинулось с прочерченной линии, а центр сетки нитей совпал с предметом *A* местности, то проверяемое условие считается выполненным.

Верхняя поверхность планшета должна быть плоскостью. Эта проверка производится при помощи выверенной линейки прикладыванием ее ребра к верхней поверхности планшета в разных направлениях. Просветы не должны превышать 0,5 мм.

Верхняя плоскость планшета должна быть перпендикулярна к оси вращения мензулы. Для проверки устанавливают кипрегель по направлению двух подъемных винтов подставки и вращением их в разные стороны приводят пузырек заранее выверенного цилиндрического уровня в нуль-пункт. Затем ставят кипрегель по направлению третьего подъемного винта и, вращая его, приводят пузырек уровня в нуль-пункт. После этого, освободив закрепительный винт подставки, вращают планшет по азимуту. Если при этом пузырек уровня отклоняется от нуль-пункта меньше чем на одно-два деления, то условие выполнено.

После проверки мензулы наклеивают на планшет чертежную бумагу хорошего качества, на которой будет вычерчиваться план мензурной съемки.

### **Установка мензулы в рабочее положение**

Установка мензулы в рабочее положение складывается из *центрирования, горизонтирования и ориентирования планшета* перед началом работы на каждой станции.

*Центрирование* планшета заключается и установке точки, нанесенной на планшете, над соответствующей точкой местности. Точность центрирования зависит от масштаба съемки. При съемке в масштабе 1:2000 и крупнее мензулу центрируют с помощью *центрировочной вилки* (рис. 56), а в масштабе 1:5000 и мельче - на глаз.

*Горизонтирование* планшета состоит в приведении его верхней плоскости в горизонтальное положение; оно выполняется при помо-

щи цилиндрического уровня, находящегося па линейке кипрегеля. Для этого на планшет ставят кипрегель по направлению двух подъемных винтов и, действуя ими, приводят пузырем уровня в нуль-пункт. Затем переставляют кипрегель на 90° и, действуя третьим подъемным винтом, снова приводят пузырек уровня в нуль-пункт. Так поступают несколько раз, добиваясь, чтобы при перестановке кипрегеля пузырек уровня не отклонялся от нуль-пункта больше чем на 1-2 деления ампулы.

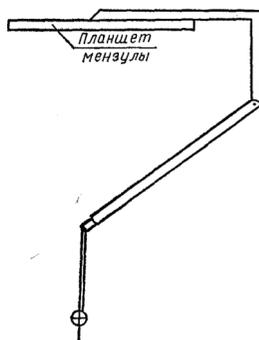


Рисунок 56. Центровочная вилка

*Ориентируют* планшет по магнитной стрелке буссоли или по направлениям местности, проекции которых нанесены на планшет. Для ориентирования планшета при помощи ориентир-буссоли прикладывают ребро ее к нанесенному на бумагу вдоль края планшета направлению магнитного меридиана и вращают планшет до совмещения магнитной стрелки с нулевым диаметром буссоли. Ориентируют планшет по буссоли только на начальной станции, а на остальных станциях ориентирование производят по направлениям (отрезкам линий), полученным после выполнения съемочных работ на первой станции.

Приводя мензулу в рабочее положение, следует иметь в виду, что при поворотах планшета для ориентирования может нарушиться его центрирование. Поэтому при установке мензулы над точкой надо ориентировать и центрировать планшет сначала на глаз, а затем уже производить эти действия с требуемой точностью.

### **Съемочное обоснование мензульной съемки**

Плановым и высотным обоснованием мензульной съемки служит государственная геодезическая сеть (пункты триангуляции, полигонометрии и трилатерации), а также марки, грунтовые и стенные реперы и сети сгущения. Однако число этих пунктов на местности, как правило, оказывается недостаточным для выполнения съемочных работ. Поэтому такую сеть дополняют съемочным геодезическим обоснованием.

Плановое съемочное обоснование для мензульной съемки получают проложением теодолитных и мензульных ходов или построении

ем геометрической сети. Точки теодолитных ходов наносят на планшет мензульной съемки по координатам.

Высоты точек съемочного обоснования определяют геометрическим нивелированием, если высота сечения рельефа, принятая для мензульной съемки, меньше или равна 1 м, а при больших сечениях - тригонометрическим нивелированием.

*Геометрическая сеть.* Геометрическая сеть представляет систему точек местности, наносимых на план засечками. Она служит для сгущения точек планового обоснования. Размещение точек геометрической сети предварительно намечают, пользуясь мензульным планшетом, на котором для этого по координатам должны быть, нанесены все пункты государственной геодезической сети и теодолитных ходов, имеющиеся на данном участке.

Пункты геометрической сети выбирают в таких местах участка съемки, с которых хорошо обзревается окружающая ситуация и чтобы стороны сети образовывали по возможности равносторонние треугольники. При этом треугольники с углами меньше  $30^\circ$  и больше  $150^\circ$  не допускаются. Примерные размеры сторон треугольников таковы: для масштаба съемки 1:2000 - 250 м, 1:5000 - 500 м и 1:10000 - 700 м.

На небольших по площади участках при отсутствии геодезических опорных пунктов иногда проектируют *свободную геометрическую сеть*, создаваемую на основе базиса, измеренного с погрешностью не ниже 1:1000 и имеющего длину на плане не менее 8-10 см.

На местности точки съемочной сети обозначают Г-образными вехами высотой 3-6 м. Рядом с каждой вехой под перекладиной забивают вровень с землей кол, принимаемый за центр знака.

Построение свободной геометрической сети на планшете начинают с нанесения на него *базиса*. Одну из точек наносят на планшет произвольно, но с таким расчетом, чтобы снимаемый участок удобно разместился на планшете. Установив мензулу над точкой 1 базиса (рис. 57), ориентируют планшет по буссоли и визируют на второй конец базиса (точку 2). Прочерчивают направление и, отложив на нем в данном масштабе измеренную длину базиса, получают точку 2 на планшете.

После этого через точку 1 визируют последовательно на другие видимые точки геометрической сети (точки 3, 4 и 5) и каждый раз прочерчивают направления. За рамкой планшета их продолжают ко-

роткими черточками, которые подписывают и в дальнейшем используют для ориентирования мензулы. Закончив визирование, Проверяют ориентирование планшета по линии 1-2 и, если оно не нарушено, переходят с мензулой в точку 2. Установив мензулу в точке 2, ориентируют планшет по линии 2-1 базиса и далее поступают так же, как на точке 1. Закончив работу на станции 2, проверяют ориентирование планшета по линии 2-1.

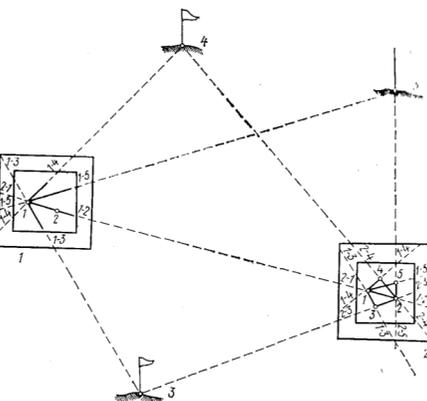


Рисунок 57. Построение геометрической сети

Если ориентирование не нарушилось, то переходят на следующую точку геометрической сети, которая засечена с точек 1 и 2 под углом, близким к  $90^\circ$ , и с этой точки засекают все видимые точки геометрической сети; мензулу здесь ориентируют по нанесенным пунктам. Таким образом, некоторые точки получатся в пересечении трех и более направлений. Однако вследствие неточностей в работе они не пересекутся в одной точке, и на плане положение пунктов выбирают в центре тяжести образовавшихся треугольников погрешности. Все точки геометрической сети строят на плане при одном положении вертикального круга (при КЛ).

После прочерчивания на планшете выбранных направлений на пункты геометрической сети с данной станции определяют и соответствующие превышения. Для этого зрительной трубой кипрегеля визируют на верх каждой вехи при КП и КЛ и берут отсчеты П и Л по его вертикальному кругу, а затем вычисляют  $MO$  и углы наклона  $\nu$ . Полученные при этом значения  $MO$  не должны различаться между собой и отличаться от величины  $MO$ , определенной для кипрегеля предварительно, более чем на  $1,5'$ . Горизонтальные проложения  $s$  сторон геометрической сети определяют, измеряя их на плане (планшете) при помощи циркуля-измерителя и масштабной линейки. Отсчеты П и Л, значения  $MO$ , результаты измерения и вычисления длин сторон  $s$ , углов наклона  $\nu$  и превышений  $h$  записывают в журнал.

Превышения  $h$  вычисляют по формуле тригонометрического ниве-

лирования

$$h = stgv + i - v + f$$

При расстояниях между точками менее 300 м поправку  $f$  за счет кривизны Земли и рефракции не вводят, так как она будет меньше 1 см.

Превышения между пунктами геометрической сети определяют в прямом ( $h_n$ ) и обратном ( $h_0$ ) направлениях, допуская разность между ними по абсолютной величине не больше, чем 4 см на каждые 100 м расстояния  $s$ . Затем вычисляют среднее значение из абсолютных величин  $h_n$  и  $h_0$  превышений и придают ему знак прямого превышения.

*Мензульные ходы.* Вместо геометрической сети или в дополнение к ней для обоснования съемки иногда прокладывают мензульные ходы. В полузакрытой и закрытой местности их прокладывают по дорогам, просекам, прогалинам, редколесью так, чтобы с каждой точки была видимость на две соседние. Они могут быть проложены между двумя пунктами, уже имеющимися на планшете, или быть самостоятельным съемочным обоснованием. В первом случае на начальной точке хода планшет ориентируют по другому пункту, а во втором - по магнитной стрелке.

Стороны мензульного хода измеряют при помощи дальномерных насадок либо с помощью нитяного дальмера в прямом и обратном направлениях, при этом расхождение полученных значений расстояния не должно превышать 1:200 от величины  $s$ . Длины сторон мензульного хода не должны быть больше 100, 200 и 250 м, а общая длина хода не должна превышать 200, 500 и 1000 м для съемок в масштабах соответственно 1:1000, 1:2000 и 1:5000.

При проложении мензульного хода планшет центрируют над точкой  $A$  (рис. 55), горизонтируют и ориентируют по другому видимому пункту  $B$ , нанесенному на планшете. Для нанесения на планшет следующей точки хода  $C$  прикладывают скошенное ребро линейки кипрегеля к точке  $a$ , визируют на рейку, поставленную в точке  $C$ , и прочерчивают направление  $ac$ . Затем определяют нитяным дальномером по рейке расстояние  $AC$  и угол наклона  $v$  при КП и КЛ и вычисляют горизонтальное проложение  $s$ . Измеряют высоту кипрегеля  $i$  в точке  $A$  и вычисляют превышение  $h_n$  (прямое) между точками  $A$  и  $C$ . Потом переносят мензулу на точку  $C$ , центрируют ее и ориентируют по прочерченному направлению  $CA$ , после чего производят те же

действия, что и на точке  $A$ . Зная среднее значение расстояния  $s$  для стороны хода  $AC$ , откладывают его в масштабе плана от точки  $a$  и получают на планшете точку  $c$ . Последующие точки хода определяют так же, как и точку  $c$ . В таблице 13 приводится форма журнала проложения мензурального хода.

Допустимая невязка мензурального хода в плане не должна превышать 1:300 его общей длины, а по абсолютной величине составлять не более 0,8 мм на планшете. Уравнивание планового положения точек мензурального хода производят на планшете графически способом параллельных линий.

Средние значения из прямых  $h_n$  и обратных  $h_0$  превышений мензурального хода вычисляют так же, как и в тахеометрическом ходе.

В лесной местности для сокращения прорубок просек или визиров разрешается прокладывать *буссольные съёмочные ходы*. В этом случае первую точку буссольного хода находят на плане так же, как и при проложении мензурального хода, т. е. по соответствующему прочерченному направлению откладывают расстояние, измеренное от исходной точки. На начальной станции кладут на край планшета ориентир-буссоль так, чтобы отсчет по магнитной стрелке был равен  $0^\circ$ , и прочерчивают на планшете линию вдоль скошенного края коробки буссоли.

Затем переходят на вторую точку хода, откуда видна первая точка хода, устанавливают над ней мензулу и ориентируют планшет, но буссоли, измеряют расстояние до первой точки и прочерчивают на планшете «на себя» направление с первой точки на вторую, после чего откладывают на нем измеренное расстояние  $s$  и определяют на плане положение второй точки. Далее работу продолжают тоже «через точку» в том же порядке. На каждой станции превышения определяют дважды, измеряя углы наклона на две различные точки рейки, отстоящие одна от другой по высоте на 1-1,5 м.

### **Съёмка ситуации и рельефа**

После нанесения на планшет точек съёмочного обоснования приступают к съёмке местности с каждой из них. Для этого мензулу устанавливают на точке съёмочного обоснования, вырезают часть «рубашки» соответственно площади съёмки с данной станции и приводят планшет мензулы в рабочее положение, ориентируя его по наиболее длинной стороне планового обоснования. Определяют высоту кипрегеля (расстояние от оси вращения зрительной трубы ки-

Таблица 13. Журнал проложения мензурного хода

Начало хода _____			Дата _____		
№ ст.	H <sub>0</sub>		№ ст.	H <sub>0</sub>	
№ нб.	H		№ нб.	H	
	КП			КП	
	МО			МО	
	КЛ			КЛ	
+	i+	+	+	i+	+
-	l	-	-	l	-

№ ст.	H <sub>0</sub>		№ ст.	H <sub>0</sub>	
№ нб.	H		№ нб.	H	
	КП			КП	
	МО			МО	
	КЛ			КЛ	
+	i+	+	+	i+	+
-	l	-	-	l	-

Конец хода \_\_\_\_\_ = \_\_\_\_\_

прегеля, поставленного на планшет, до верха точки, над которой центрировали мензулу) и посылают реечника последовательно на все характерные точки местности, подлежащие съемке.

Съемку ситуации и рельефа ведут при том положении круга кипрегеля (КЛ), при котором ориентировали мензулу. Ориентирование планшета периодически проверяют и обязательно контролируют после завершения съемки на каждой станции. Для всех реечных точек определяют по вертикально поставленной рейке расстояние по дальномеру, а если точка характерна не только для ситуации, но и для рельефа, то, кроме расстояния, измеряют вертикальный угол  $v$  и вычисляют отметку реечной точки

$$H_{T,i} = H_{CT} + h_{T,i} \quad (162)$$

Результаты измерений заносят в журнал (табл. 14).

Снимают и рисуют на оригинале планшета (а не на «рубашке») только ту часть ситуации и рельефа местности, которая видна непосредственно с данной станции. В процессе съемки на каждой станции вычисляют отметки всех реечных (пикетных) точек и записывают их на оригинале планшета с точностью до 0,01 м, если высота сечения рельефа 0,5 м, и с округлением до 0,1 м при высоте сечения 1 м и более. Планшет должен оставаться в рабочем положении до окончания рисовки горизонталей, чтобы при необходимости съемку можно было дополнить недостающими реечными точками.

Таблица 14. Журнал мензульной съемки

Название или № точки	Расстояние в км	Превышения		Высоты
		±	$h_{cp}$	

### **Кальки высот и контуров. Вычерчивание планшетов**

В поле результаты мензульной съемки наносят на оригинал планшета карандашом. В дальнейшем во избежание ошибок при камеральном вычерчивании планшетов тушью с них снимаются копии -

кальки высот и контуров. Кальки составляют в процессе съемки ежедневно. На кальке высот покалывают все опорные и реечные точки с указанием их номеров и высот, а на кальке контуров - всю ситуацию и отдельные предметы местности с указанием вида угондий, изображая их условными знаками или подписывая названия. В случае несложной ситуации и рельефа кальки высот и контуров разрешается совмещать в одну. Если же оригиналы мензульной съемки вычерчиваются тушью в поле, вслед за съемкой отдельных участков, то кальки высот и контуров не составляют.

При вычерчивании мензульных планшетов тушью пользуются соответствующими условными топографическими знаками. На планшетах масштабов 1:500 и 1:1000 подписывают отметки всех пикетов, при масштабе 1:2000 и 1:5000 - не менее четырех пикетов на 1 дм<sup>2</sup> плана. Для выделения характерных форм рельефа (седловин, вершин, уступов и др.), кроме основных горизонталей, проводят дополнительные (полугоризонталей - через 1/2 основного сечения) и вспомогательные (соответствующие 1/4 сечения). Горизонталей не должны пересекать дороги и реки (если они изображены двумя линиями), улицы, дно оврагов (при ширине 3 мм на плане), а также все искусственные сооружения.

Мензульные планшеты лесонасаждений для более подробного изображения на них леса по породам и возрастным группам раскрашивают красками соответствующих цветов.

После завершения работ составляют технический отчет с приложением окончательно оформленных планшетов мензульной съемки, калек высот и контуров, полевых журналов, схем ходов и других материалов.

## ГЛАЗОМЕРНАЯ СЪЕМКА

Если требуется в кратчайший срок получить хотя бы приближенный план местности, применяется глазомерная (глазомерно-углоначертательная) съемка. Ею пользуются и при других видах съемки, например, когда снимаемый объект не имеет четко выраженных границ, а также при нанесении на имеющуюся карту дополнительных объектов обследования: геоботанических, почвенных и т.п.

При глазомерной съемке направления на снимаемые предметы определяют при помощи компаса или ручной буссоли, а превышения и расстояния - на глаз или шагами, предварительно установив их размер в метрах. Для этого на ровной местности лентой (рулеткой) откладывают расстояние в 200 или 300 м или используют такие предметы, расстояние между которыми известно, например километровые (на железных или автомобильных дорогах) или телеграфные столбы. Затем по этому расстоянию проходят в прямом или обратном направлениях шагом, рассчитанным на дальние переходы, а шаги считают парами или тройками. Разделив пройденное расстояние на среднее число шагов, получают размер одного шага в метрах. Точность измерения расстояний шагами равна 1:50. Планы при глазомерной съемке составляют или непосредственно на местности, или камерально по данным схемы-абриса.

Для составления плана непосредственно на местности лист плотной бумаги прикрепляют к папке-планшету. В верхнем левом углу планшета прикрепляют компас так, чтобы его диаметр, обозначающий *С-Ю*, совпал с нанесенной на листе бумаги прямой, принятой за направление север - юг. В каждой точке, с которой производят глазомерную съемку, папку с компасом держат так, чтобы освобожденная стрелка компаса совпала со штрихами, отмечающими на компасе *С-Ю*. Для визирования и нанесения на планшет направлений пользуются визирной линейкой. Иногда при мензуральной съемке применяют буссоль при помощи, которой можно точнее, чем компасом, определить магнитные азимуты направлений.

Для откладывания расстояний на планшете глазомерной съемки пользуются линейным масштабом шагов. Пусть требуется построить линейный масштаб шагов, соответствующий численному масштабу 1:25000, если в 1 км содержится 675 пар шагов. В заданном численном масштабе 2 см на бумаге соответствует 675 пар шагов на местности, а ближайшему круглому числу т. е. 500 парам шагов, на бумаге отвечает отрезок  $\delta$ , вычисляемый из пропорции,

$$\frac{\delta}{2 \text{ м}} = \frac{500}{337,6}$$

откуда  $\delta = 2,96$  см - отрезок, принимаемый за основание линейного масштаба шагов, с которым можно построить линейный масштаб шагов, соответствующий данному численному масштабу.

Удаленные, от хода, но хорошо видимые ориентиры получают на планшете съемки прямой графической засечкой с точек хода, а ситуацию местности снимают на глаз.

При съемке какой-либо площади участка прокладывают замкнутый ход. Относительная линейная невязка такого хода не должна превышать 1:50 его длины. Полученную невязку в замкнутом ходе распределяют способом параллельных линий.

Если при глазомерной съемке пользуются ручной буссолью то азимуты (румбы) сторон хода определяют ею в прямом и обратном направлениях. Буссоль служит и для угловой засечки характерных точек ситуации и рельефа. Для определения превышения можно воспользоваться эклиметром.

Если высота предмета известна, то для определения расстояния до него пользуются карандашом или линейкой, которые следует держать отвесно в вытянутой руке. В таком случае расстояние  $s$  можно вычислить по формуле

$$s = a \frac{H}{l}$$

где  $a$  - расстояние от глаза до линейки;  $l$  - отрезок линейки, закрывающий наблюдаемый предмет;  $H$  - высота предмета.

Для этой же цели может быть использован ручной внутрибазовый дальномер ДСП.

Во время глазомерной съемки все направления (азимуты или румбы) и расстояния заносятся на схему-абрис. Составление плана с изображением на нем рельефа и окончательное оформление его производят в камеральных условиях.

## ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПРИ ЛЕСОУСТРОЙСТВЕ И ОРГАНИЗАЦИИ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА

### Составление лесоустроительных планшетов

Для всех разрядов лесоустройства приняты единые размеры планшетных листов, равные 60х60 см (рамка плана 50х50 см, а поля - по 5 см). Планшеты представляют листы чертежной бумаги, наклеенные на полотно.

Для составления лесоустроительных планшетов используют: а) плановые материалы прежнего лесоустройства, б) геодезические данные землеустройства по смежным землепользованиям, в) материалы аэрофотосъемки (фотопланы и фотосхемы), г) топографические карты.

### Геодезическое проектирование перенесения на местность объектов лесоустройства и лесозэксплуатации

*Задачи проектирования.* К задачам проектирования лесоустройства и лесозэксплуатации относятся: составление проекта разделения массива леса по планшетам и на кварталы, составление проекта размещения гидротехнических сооружений и составление проекта планировки жилых поселков и производственных участков в лесхозах, выделение лесосечного фонда и сенокосных угодий, проектируются дорожная сеть и т. д. При этом границы проектируют главным образом графическим способом. Запроектированные границы определяют затем на местности, т. е. переносят проект границ в натуру.

*Проектирование участков заданной площади.* Участки рубки и лесовосстановления назначают в соответствии со схемой распределения лесных площадей, пользуясь планом лесонасаждений, при этом применяют различные способы проектирования на плане участков заданной площади.

1. *Выделение лесосеки со сторонами, параллельными стороне квартала прямоугольной формы.* Пусть, например, под рубку выделено 10 га леса, тогда при длине стороны квартала, равной 1 км, ширина лесосеки составит 100 м. Отвод такого участка на местности не вызывает затруднений.

2. *Выделение лесосеки в полосе, параллельной одной из сторон квартала неправильной формы.* На рис. 58,а приведена схема квартала 27, в котором требуется отвести под лесосеку участок  $ABMN$  площадью 25 га, ограниченный прямой  $MN$ , параллельной просеке

*AB*. Сначала на плане отделяют эту площадь на глаз, проведя прямую *M'N'* параллельно линии *AB*. Затем площадь четырехугольника *ABM'N'* определяют при помощи планиметра или геометрическим способом. Пусть эта площадь оказалась равной 27,44 га. Очевидно, для получения требуемых 25 га линию *M'N'* следует переместить в положение *MN* на отрезок *p*, равный высоте трапеции *NMM'N'*, площадь которой  $\Delta S = 26,44 - 25,00 = 1,44$  га. Высоту трапеции *NMM'N'* вычисляют приближенно:

$$p \approx \frac{\Delta S}{M'N'}$$

(при *M'N'* = 800 м высота *p* = 30,5 м). Потом проводят на плане линию *MN* параллельно линии *M'N'* на расстоянии *p* от нее; для контроля определяют площадь фигуры *ABMN*. При необходимости исправляют положение линии *MN* на плане, после чего находят расстояния *BM*, *AN* и *KN = h* для переноса линии *MN* на местность.

3. *Выделение лесосеки на участке, ограниченном прямой, выходящей из заданной точки.* На рис. 58, б приведена схема квартала 5, в западной части которого требуется отграничить участок площадью 20 га так, чтобы граница лесосеки совпадала с прямой, исходящей из точки *B*.

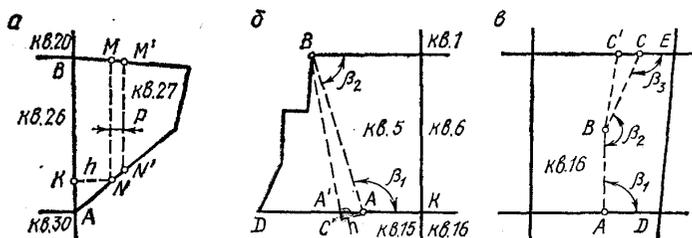


Рисунок 58 Проектирование участков заданной площади

В первом приближении участок на плане выделяют прямой линией *BA*, проведенной на глаз. Затем определяют площадь *S'* участка *DBA'*. Пусть *S'* = 16,02 га, тогда для прирезки, недостающей площади  $\Delta S = 3,98$  га граничную линию *BA* надо повернуть вокруг точки *B*. Прирезаемая площадь будет иметь форму треугольника с основанием *BA'* и высотой *h = AC'*. Высоту *h* вычисляют по формуле

$$h = \frac{2\Delta S}{BA'}$$

при  $BA' = 1020$  м высота  $h = 78$  м.

На плане точку  $A$  находят, подбирая положение перпендикуляра  $h=AC'$  на продолжении линии  $BA'$ . Расстояния  $DA$  и  $KA$ , нужные для выноса точки  $A$  на местность, определяют графически по плану.



их на глаз. Только при съемке нечетких контуров (дорожек, газонов, огородов, групп деревьев и т. п.) длины перпендикуляров, восстанавливаемых без эккера, могут быть увеличены до 10-15 м в соответствии с масштабом плана. Такие контуры можно снимать и относительно линий, лежащих в створах фасадов здания, например относительно линии *AB* (рис 59) или линий, опирающихся на створные точки теодолитного хода, например на точку *C*, расположенную на стороне 11-12, либо на точку *D* на стороне 5-6 теодолитного хода. Все створные точки должны быть выставлены при помощи теодолита

При линейных засечках расстояния до определяемых точек не должны превышать длины мерного прибора. Все снимаемые здания должны быть обмерены по цоколю (см. рис 45) Данные съемки - контуры ситуации и измеренные расстояния - разборчиво показывают в абрисе, пользуясь линейкой и применяя соответствующие условные топографические знаки и пояснительные надписи. Контуры зданий рекомендуется выделять утолщением. Внутриквартальная съемка застроенных территорий производится со съемочного обоснования, опирающегося на поворотные или створные точки теодолитных ходов, проложенных при съемке проездов. Внутри кварталов снимают дорожки, газоны, огороды, строения, обмеряют их по цоколю и измеряют расстояния между ними и соседними зданиями.

Если внутриквартальная съемка в масштабах 1:1000 и 1:2000 выполняется с применением мензулы, то перед этим все капитальные объекты снимают промерами (лентой, рулеткой) от сторон и точек теодолитных ходов, а при помощи мензулы снимают остальную ситуацию. На каждой станции мензулу тщательно центрируют над точками местности, предварительно нанесенными на планшет по координатам или по промерам от надежно показанных на плане контуров (например, над точкой *E* рис. 59).

При съемке ситуации с нечеткими контурами расстояния до определяемых точек измеряют нитяным дальномером кипрегеля.

План населенного пункта составляют на планшетах, основой которых служат листы фанеры или дюралюминия.

Этот же метод применяется при съемке бульваров и парков. При этом ходы съемочного обоснования прокладываются по основным дорожкам и аллеям с таким расчетом, чтобы они могли быть использованы, хотя бы частично, в качестве съемочных линий, от которых производится детальная съемка всех имеющихся объектов.

При съемке территорий парков и бульваров могут допускаться висячие съемочные ходы длиной 200, 300 и 500 м для масштабов соответственно 1:500, 1:1000 и 1:2000.<sup>3</sup>

### **Нивелирование проездов, застроенных территорий и парков**

Проезды нивелируют для их вертикальной планировки и разработки проектов подземных сооружений (канализации, водопровода и др.). Для этого по оси проезда или по одной из его сторон прокладывается магистральный ход, по которому в зависимости от характера рельефа через 20-40 или 100 м разбивают точки и поперечники. На местности с углами наклона свыше  $3^\circ$  расстояния между поперечниками приводят к их горизонтальному положению, учитывая соответствующие поправки. К магистрали и поперечникам привязывают в плане все характерные в высотном отношении точки, а также точки, расположенные против ворот и въездов на участки, на пересечениях с осями других проездов, крышки колодцев канализации и т. п. Все указанные точки нивелируют как промежуточные со станций нивелирного хода. Отсчеты по рейкам записывают либо в нивелирном журнале, либо рядом с соответствующими точками, отмеченными на схеме проезда. Здесь же записывают их отметки, вычисляемые через горизонт инструмента.

Нивелирование застроенных территорий и парков производят таким же способом либо при помощи мензулы с кипрегелем или нивелиром. Для этого на мензульном планшете закрепляют план, составленный по материалам теодолитной съемки. Положение нивелируемых точек на плане определяют, руководствуясь показанной на нем ситуацией, а отметки точек чаще всего находят горизонтальным лучом визирования, пользуясь кипрегелем с цилиндрическим уровнем на зрительной трубе или нивелиром, который в этом случае ставят рядом с мензульным планшетом. По полученным отметкам наносят на план горизонтали непосредственно на месте работы.

### **Съемка текущих изменений и нанесение их на дежурные планы населенных мест**

Планы населенных мест требуют постоянного обновления с отображением на них текущих изменений ситуации.

Все изменения, происшедшие в натуре, выявляют при обследовании местности. Вновь появившиеся объекты доснимают и наносят на копию ранее составленного плана, а уничтоженные исключают. Для съемки изменений в ситуации местности пользуются различными способами

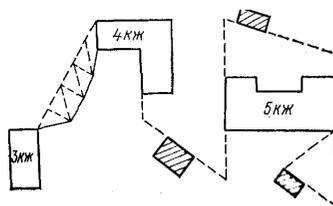


Рисунок 60 Съемка ситуации

(перпендикуляров, засечек, полярных координат). Выполняется эта работа относительно точек и сторон постоянного съемочного обоснования, а при отсутствии их пользуются промерами от стен ближайших зданий и от линий, лежащих в створах стен зданий. На рис. 60 приведены различные случаи съемки ситуации способом продолженных створов стен зданий: измеряемые расстояния показаны пунктиром, а снимаемые строения заштрихованы. Горизонтالي на планах уточняют только в том случае, если произошли изменения рельефа и результате вертикальной планировки.

При нанесении на план новых объектов на нем уничтожают исчезнувшие, но перед этим снимают с него копию на восковку. Накладу на ранее составленный план выявленных при съемке изменений можно производить без снятия с него отсутствующих в настоящее время объектов, пользуясь цветной тушью.

### **Геодезические работы при проектировании и при перенесении в натуру проекта озеленения населенных пунктов**

Генеральный план объекта озеленения разрабатывается в масштабе 1:500, а по объектам площадью более 50 га - в масштабах 1:1000 и 1:2000. Он представляет собой чертеж, на котором показаны существующие и проектируемые насаждения с обозначением типа посадок, а также входы в здания и сооружения, дорожки, аллеи, площадки, водоемы и т. п.

На основе генерального плана объекта составляют дендрологические планы (дендроплапы) и посадочные чертежи. Дендроплан представляет выкопировку на кальку с генерального плана всех древесных насаждений. На нем специальными условными знаками обозначаются одиночные посадки, группы, массивы деревьев и кустарников.

Пользуясь дендропланом, составляют посадочный чертеж для привязки всех мест посадки растений к постоянным объектам ситуации с помощью перпендикуляров или другими способами. На нем обозначают одиночные, групповые, рядовые посадки деревьев и кустарников с указанием расстояний между растениями.

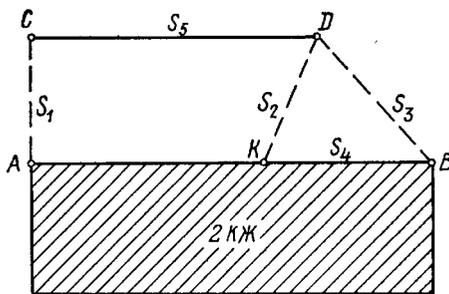


Рисунок 61. Разбивка прямой заданной длины и направления

Для разбивки парков составляют разбивочные чертежи в масштабе 1:500 и крупнее. На них указывают размеры зданий, сооружений, площадок, дорог, газонов, цветников с привязкой их к опорным линиям и точкам, от которых проект будет переноситься в натуру.

При разбивке парков на свободных от насаждений крупных по площади участках можно использовать сетку квадратов со сторонами 5, 10 или 20 м, которую наносят на генеральный план парка, и относительно ее сторон и вершин измеряют по плану положение всех элементов проекта (дорожек, их изгибов, площадок, центров окружностей и кривых, осей парковых сооружений и др.). По этим данным составляют разбивочный чертеж. Сетку квадратов переносят на местность и кольшками закрепляют ее вершины, затем от точек сетки производят разбивку осей точек, указанных в разбивочном чертеже.

Разбивка элементов проекта озеленения на местности сводится к решению простейших геометрических задач при помощи рулетки, шнура и садового транспорта. Так, ось  $CD$  (рис.61) можно вынести от фасада здания, определив по плану разбивочные расстояния  $s_4$ ,  $s_2$ ,  $s_3$  и  $s_4$ . Правильность выноса в натуру точек  $C$  и  $D$  проверяют измерением расстояния  $s_5$ .

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕПРИСТУПНЫХ РАССТОЯНИЙ И ВЫСОТ НЕДОСТУПНЫХ ОБЪЕКТОВ

### Определение высоты недоступного объекта

В случае, если высоту объекта невозможно измерить непосредственно, ее можно определить косвенным способом (рис.62).

Для этого на местности устанавливают теодолит, определяют горизонтальное расстояние от теодолита до объекта  $S$ , измеряют вертикальные углы: на верх объекта  $\nu_1$ , и низ объекта  $\nu_2$ . Высота объекта вычисляется по формуле:

$$h = S(\operatorname{tg}\nu_1 + \operatorname{tg}\nu_2)$$

где значения вертикальных углов  $\nu_1$  и  $\nu_2$  берут со знаком «+».

Затем теодолит устанавливают в другую точку (по возможности в перпендикулярном положении) и высота объекта определяется повторно.

Допустимое расхождение между полученными высотами не

должно превышать величины  $\frac{L_{\text{наб.}} \cdot b \text{ см}}{100}$ .

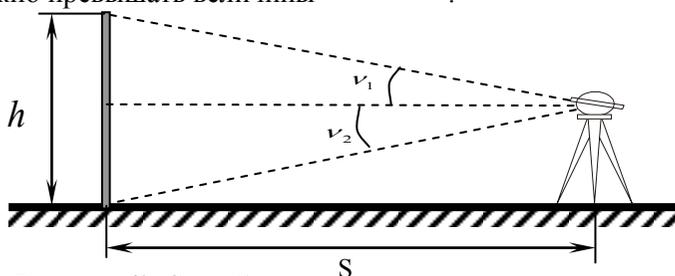


Рисунок 62. Способ определения высоты недоступного объекта

### Определение расстояния до недоступного объекта

В случае, когда невозможно измерить расстояние между точками непосредственно, его можно определить косвенным способом (рис. 63)

На местности разбивают базис  $b_1$  и измеряют его несколькими приемами в точках А и В устанавливают теодолит и измеряют горизонтальные углы  $\beta_1$  и  $\beta_2$  одним полным приемом. Затем вычисляют горизонтальные расстояния  $S_1$  и  $S_2$ :

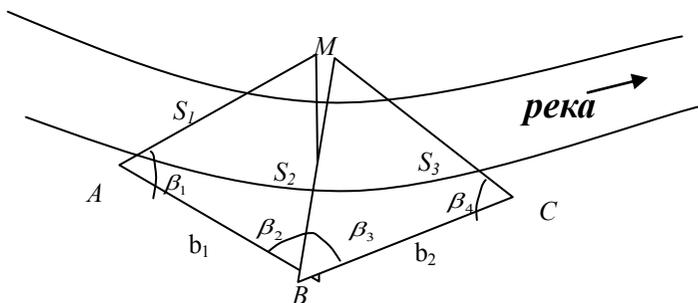


Рисунок 63 Косвенный способ определения неприступных расстояний

$$S_1 = b_1 \frac{\sin \beta_2}{\sin(\beta_1 + \beta_2)} ; \quad S_2 = b_1 \frac{\sin \beta_1}{\sin(\beta_1 + \beta_2)}$$

Для контроля на местности можно разбить базис  $b_2$  и аналогично определить расстояния  $L_2$  и  $L_3$ :

$$S_1 = b_1 \frac{\sin \beta_4}{\sin(\beta_3 + \beta_4)} ; \quad S_1 = b_1 \frac{\sin \beta_3}{\sin(\beta_3 + \beta_4)}$$

## **ОБРАЩЕНИЕ С ПРИБОРАМИ. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ НА ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТАХ**

### **Обращение с геодезическими приборами**

Геодезические приборы являются точными оптическими и оптико-электронными средствами измерений. Они предназначены для работы в полевых экспедиционных условиях. Успешное выполнение топографо-геодезических работ зависит не только от знаний и умения исполнителей, но и от технического уровня и состояния приборов. Поэтому умелое и бережное обращение с приборами, правильный и своевременный уход за ними способствуют повышению качества работ, росту производительности труда и продлению сроков службы приборов.

При получении приборов их следует тщательно осмотреть, выполнить необходимые исследования и поверки.

Перед тем как вынимать прибор из футляра (ящика), необходимо ознакомиться с его укладкой и запомнить её, затем открутить зажимные винты. Прибор вынимают из футляра за подставку или специальную ручку для переноски прибора и тут же устанавливают на штатив, подготовленный заранее, и прикрепляют его к головке штатива станковым винтом. Ножки штатива должны быть установлены и вдавлены в грунт так, чтобы головка штатива была горизонтальной.

При осмотре прибора убеждаются в сохранности и исправности ампул уровней, оптических и других частей прибора, плавном вращении винтов, осевых систем, устойчивости штатива и подставки, высоком качестве изображений зрительной трубы и отсчетных устройств. Осмотр завершают проверкой наличия составляющих всего комплекта и мелких принадлежностей.

В процессе исследований и поверок устанавливают соблюдение геометрических условий и определяют основные характеристики прибора. Проверяют пригодность прибора для выполнения данной работы.

Не следует экономить время за счет поверок и исследований. Практика производства геодезических работ показывает, что время, затраченное на исследования, поверки и юстировку прибора, окупается в процессе измерений и наблюдений.

Во время полевых работ геодезические приборы необходимо

предохранять зонтом от непосредственного нагревания солнечными лучами, от дождя и снега, защищать прибор от пыли, грязи и других внешних воздействий. Если во время дождя измерения не производятся, но прибор находится на штативе, необходимо закрывать его специальным чехлом. Случайно попавшие капли воды осторожно удаляют с прибора фланелевой салфеткой. Пыль с оптических деталей удаляют мягкой кисточкой. Нельзя прикасаться пальцами к оптическим деталям прибора.

Нельзя допускать в приборе механических перенапряжений. Зажимные винты надо закреплять умеренно, Не следует перетягивать исправительные винты во избежание их поломки. Наводящие, подъемные и элевационный винты перед началом работы на станции целесообразно устанавливать в среднее положение. Вращение наводящих и микрометрических винтов в точных и высокоточных приборах заканчивать на ввинчивание.

Наведение зрительной трубы на цель и отсчитывание по шкалам микроскопов осуществляют только после тщательного устранения параллаксов.

Хранить приборы следует в сухом помещении. В условиях палатки приборы необходимо хранить на некотором удалении от земли.

Перевозить геодезические приборы допускается любым видом крытого транспорта в футлярах или специальной упаковке, при этом не следует подвергать приборы ударам и резким толчкам. Нельзя кантовать приборы, это может привести к нарушению юстировки их оптических систем и повреждению приборов.

Рейки и штативы при перевозке упаковывают и укладывают так, чтобы они не перемещались и не нарушалась раскраска реек.

### **Основные правила техники безопасности на топографо-геодезических работах**

Меры безопасности на топографо-геодезических работах установлены Правилами по технике безопасности на топографо-геодезических работах и являются обязательными для каждого исполнителя и руководителя работ. Необдуманные или легкомысленные действия, особенно в полевых экспедиционных условиях. (лихачество, пренебрежение опасностью, употребление спиртных напитков и др.), одного могут поставить под угрозу здоровье и

жизнь членов бригады и сорвать выполнение задания.

Общей и лучшей мерой безопасного ведения работ является четкая организация труда, высокая трудовая дисциплина, добросовестное и вдумчивое отношение к работе каждого участника,

Отметим лишь некоторые наиболее важные моменты безопасного выполнения работ.

Несчастные случаи могут иметь место вследствие неисправности инструментов и неумения пользоваться ими. Топоры, лопаты, кувалды и т.п. должны быть надежно насажены на рукоятки. При использовании топографического зонта помощник наблюдателя должен постоянно удерживать его рукой во избежание срыва зонта порывом ветра. Неосторожное обращение с мерной лентой может причинить порезы.

При выполнении работы в населенных пунктах, вблизи дорог необходимо ставить предупредительные знаки для транспорта,

Нельзя устанавливать приборы на скальных выступках, у обрывов, на осыпях, узких скальных карнизах,

Запрещается смотреть на солнце через оптические приборы без дымчатого стекла, чтобы избежать ожога глаза,

В зимних условиях выполнения работ следует делать установленные перерывы для обогрева и сокращать рабочий день.

К работе с приборами, имеющими электропитание, допускаются только лица, прошедшие специальную подготовку и сдавшие проверочные испытания.

Особые меры безопасности следует соблюдать при использовании транспортных средств, при переправах через реки и другие водоемы..

Практика проводится в обстановке, близкой к производственной, поэтому студенты обязаны следовать вышеизложенным правилам, однако учитывая, что ответственность за студентов в значительной степени ложится на преподавателей, целесообразно добавить следующие пункты:

- не допускается опоздание на практику и самостоятельный уход с неё, начиная и заканчивая работу, студенты расписываются в журнале учёта рабочего времени;

- бригада несёт полную ответственность за техническое состояние приборов, которые в свою очередь выдаются только под студенческий билет;

- студент, пропустивший полностью один полевой процесс без уважительной причины, не оценивается положительно;
- курение и распитие даже лёгких спиртных напитков на полигоне и в корпусах запрещается;
- вести себя при выполнении полевых работ и при передвижении транспорта к месту их производства надо так, чтобы не нарушать спокойствие граждан;
- нельзя купаться во время практики при выполнении работ вблизи водоёмов;
- одежда, обувь должны быть удобными, обязательен защитный головной убор;
- в полевых условиях необходимо соблюдать правила пожарной безопасности, не разжигать костры.

## Литература

1. Баршай С. Е., Нестеренок В. Ф., Хренов Л. С. Инженерная геодезия. – Мн.: Вышэйшая школа, 1976. – 400 с.
2. Большаков В. Д. Теория ошибок наблюдений с основами теории вероятности. – М.: Недра, 1965.
3. Большаков В. Д., Гайдаев П. А. Теория математической обработки геодезических измерений. – М.: Недра, 1977.
4. Брайтин А. А. и др. Лесоустройство. – М.: Лесная промышленность, 1974.
5. Ганьшин В. Н., Коськов Б. И., Хренов Л. С. Справочное руководство по крупномасштабным съёмкам. – М.: Недра, 1977.
6. Инструкция по нивелированию I, II, III, и IV классов. – М.: Недра, 1990.
7. Инструкция по топографо-геодезическим работам при инженерных изысканиях для промышленного сельскохозяйственного городского и поселкового строительства. – М.: Стройиздат, 1974.
8. Кузнецов П. Н. Геодезия. Учебное пособие. Часть I. – М.: МИИГАиК, 1993. – 215 с.
9. Маркузе Ю. И., Голубев В. В. Техника вычисления в геодезии. – М.: Недра, 1980.
10. Поклад Г. Г. Геодезия. – М.: Недра, 1988.
11. Правила по технике безопасности на топографо-геодезических работах – М.: Недра, 1991.
12. Практикум по курсу прикладной геодезии. /Под ред. Н. Н. Лебедева. – М.: Недра, 1977.
13. Редьков В. С. Руководство по техническом нивелированию и высотным теодолитным ходам. – М.: Недра 1974.
14. Руководство по топографическим съёмкам в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500. Высотные сети. – М.: Недра, 1976.
15. Руководство по топографическим съёмкам в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500. Наземные съёмки. – М.: Недра, 1977.
16. Рытов А. В., Спиридонов А. И. Геодезические приборы для крупномасштабных топографических съёмок. – М.: Недра, 1977.

17. Справочник геодезиста /Под ред. В. Д. Большакова и Г. П. Левчука. – М.: Недра, 1975.
18. Теодоронский В. С. Садово-парковое строительство. – М.: Стройиздат, 1973.
19. Технические указания по проектированию лесозаготовительных предприятий. – Л.: Гипролестранс, 1964.
20. Хаметов Т. И., Золотцева Л. Н., Громада Э. К. Задачи и упражнения по инженерной геодезии. Учебное пособие. – М.: Изд-во АСВ, 2001. – 142 с: ил.
21. Хейфец Б. С., Данилевич Б. Б. Практикум по инженерной геодезии - изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Недра, 1979. – 332 с.

**Учебное издание**

**Абрамович Ольга Константиновна  
Абрамович Александр Александрович  
Верутин Михаил Григорьевич**

**УЧЕБНАЯ ПОЛЕВАЯ ПРАКТИКА ПО «ИНЖЕНЕРНОЙ  
ГЕОДЕЗИИ»**

**Практическое пособие  
для студентов специальности 1-75 01 01- «Лесное хозяйство»**

**В авторской редакции**

Подписано в печать 21.09. 2006 г. (59) Формат 60x84 1/16.  
Бумага писчая №1. Печать на ризографе. Гарнитура Times New Roman.  
Усл. печ. л. 8,7. Уч-изд. л. 6,7. Тираж 25 экз.

Отпечатано в учреждении образования  
«Гомельский государственный университет  
имени Франциска Скорины»  
246019, г. Гомель, ул. Советская, 104