

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

С. В. Ковалевский
Н. Я. Сидельник



**ОСНОВЫ ГЕОДЕЗИИ
И КАРТОГРАФИИ**

**Учебно-методическое пособие
для студентов специальности
1-89 02 02 «Туризм и природопользование»**

Минск 2016

УДК [528.2/.5+528.9](075.8)(0.034.2)
ББК 26.12:26.1я73
К56

Рассмотрено и рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом Белорусского государственного технологического университета

Р е ц е н з е н т ы :

доцент кафедры менеджмента туризма и гостеприимства
Института туризма БГУФК
кандидат географических наук *Д. А. Бессараб*;
заведующий кафедрой туризма и природопользования БГТУ
кандидат биологических наук *О. В. Бахур*

Ковалевский, С. В.

К56 Основы геодезии и картографии : учеб.-метод. пособие для студентов специальности 1-89 02 02 «Туризм и природопользование» / С. В. Ковалевский, Н. Я. Сидельник. – Минск : БГТУ, 2016. – 80 с.

В учебно-методическом пособии освещены общие вопросы организации учебной практики по дисциплине «Основы геодезии и картографии» для студентов специальности 1-89 02 02 «Туризм и природопользование», рассмотрены основные виды геодезических работ, устройство используемых геодезических приборов и их поверка, представлена методика проведения полевых измерительных работ и порядок обработки полученных результатов измерений.

УДК [528.2/.5+528.9](075.8)(0.034.2)
ББК 26.12:26.1я73

© УО «Белорусский государственный
технологический университет», 2016
© Ковалевский С. В., Сидельник Н. Я., 2016

ПРЕДИСЛОВИЕ

Необходимой частью учебного плана подготовки студентов специальности «Туризм и природопользование» по дисциплине «Основы геодезии и картографии» является учебная практика.

Прикладной характер дисциплины обуславливает необходимость получения студентами практических навыков работы с геодезическими приборами, умения выполнять топографические съемки различного назначения, осуществлять измерения и построения с помощью геодезических приборов.

Целью учебной практики является закрепление и углубление теоретических знаний по геодезии и картографии, выработка навыков выполнения основных видов полевых и камеральных геодезических работ, подготовка к самостоятельной профессиональной деятельности при организации объектов экологического туризма и ландшафтном планировании.

В ходе практического решения разнообразных геодезических задач студенты приобретают практические навыки работы с измерительными геодезическими приборами и инструментами; получают практический опыт проведения поверок и юстировок измерительных приборов (теодолит, нивелир, буссоль); отработывают технику выполнения съемок различного назначения и геодезических измерений и построений с помощью геодезических приборов; совершенствуются в выполнении чертежно-графических работ.

Задачами учебной практики по «Основам геодезии и картографии» являются:

- усвоение рациональных приемов работы с измерительными геодезическими приборами (теодолит, нивелир, буссоль) и землемерной лентой;
- отработка методики практического выполнения поверок и юстировок геодезических приборов;
- практическое осуществление теодолитной съемки местности для создания планового обоснования туристического маршрута;
- реализация на практике технического нивелирования для создания высотного обоснования туристического маршрута;
- практическое выполнение топографической съемки тахеометрическим способом туристического маршрута;

- получение умений в проведении буссольной съемки;
- приобретение навыков ориентирования на местности по плано-картографическим материалам и по местным признакам;
- выполнение на практике чертежно-графических работ (построение топографического плана местности по материалам тахеометрической съемки, нанесение на план буссольного хода).

В результате прохождения учебной практики по дисциплине «Основы геодезии и картографии» студент должен:

знать:

- топографические карты, планы, профили и системы координат, применяемые в геодезии и картографии;
- системы условных знаков на планах и картах, правила их проектирования;
- устройство и основные поверки геодезических приборов: нивелир, теодолит, буссоль;
- способы измерения горизонтальных и вертикальных углов, расстояний, превышений, магнитных азимутов и румбов;

уметь:

- решать геодезические задачи по крупномасштабным топографическим картам и планам;
- проводить вычислительную обработку результатов нивелирования, теодолитной, тахеометрической и буссольной съемок;
- осуществлять чертежно-графические работы по результатам тахеометрической и буссольной съемок;
- выполнять ориентирование направлений по плано-картографическим материалам и на местности;
- пользоваться основными геодезическими приборами;

владеть методами:

- нивелирования технической точности;
- проведения теодолитной, тахеометрической и буссольной съемок.

Учебная практика проводится на базе Негорельского учебно-опытного лесхоза.

Согласно действующему учебному плану специальности 1-89 02 02 «Туризм и природопользование», продолжительность учебной практики составляет 6 дней (36 часов). Практика проводится во втором семестре и заканчивается дифференцированным зачетом.

СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИКИ

Учебная практика является завершающим этапом обучения по дисциплине «Основы геодезии и картографии», во время которого студенты приобретают навыки практического выполнения геодезических работ.

В процессе прохождения практики студенты выполняют следующие задания:

- поверки и юстировки геодезических приборов: нивелир, теодолит, буссоль;

- теодолитная съемка: создание планового съемочного обоснования (4–6 пунктов), измерение горизонтальных углов и длин сторон теодолитного хода;

- техническое нивелирование: создание высотного съемочного обоснования (4–6 станций), измерение превышений;

- топографическая съемка тахеометрическим способом туристического маршрута: измерения теодолитом горизонтальных и вертикальных углов, расстояний;

- ориентирование на местности по местным предметам;

- буссольная съемка: техника измерения горизонтальных углов и магнитных направлений (азимутов и румбов), проведение буссольной съемки туристического маршрута;

- вычислительная обработка результатов геодезических измерений: теодолитной, тахеометрической и буссольной съемок, технического нивелирования;

- составление топографического плана туристического маршрута по данным наземных геодезических съемок (теодолитная, тахеометрическая и буссольная съемки).

Все работы проводятся в пределах геодезического полигона Негорельского учебно-опытного лесхоза.

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРАКТИКИ

Для выполнения программы практики учебная группа делится на бригады, каждая из которых получает задание по практике, подготавливает, а в конце практики защищает общий отчет. **Пропуски учебной геодезической практики и опоздания не допускаются.** Студент, который по любой причине пропустил какой-либо день практики, после отработки в свободное личное время соответствующего индивидуального задания оформляет по пропущенному материалу собственный отдельный отчет, который прилагается к отчету бригады и защищается лично этим студентом.

Бригада состоит из 4–6 человек, в ней назначается свой руководитель – бригадир. В виде исключения в учебной группе может быть создана одна бригада из 7 человек.

На каждую бригаду выдается следующий комплект инструментов и снаряжения:

- теодолит Т30 (2Т30) со штативом, отвесом и ориентир-буссолью к нему;
- нивелир Н-3 со штативом;
- рейки нивелирные;
- вешки;
- землемерная рулетка (или лента ЛЗ-20);
- буссоль со штативом или гониометр;
- топор;
- полевая сумка;
- геодезический транспортер;
- комплект методических пособий;
- линейка Дробышева (для камеральных работ).

Бригадир организует оформление отчета, распределяя задачи камеральной обработки материалов между членами бригады. Бригада полностью несет **материальную ответственность** при порче или утрате геодезических инструментов и принадлежностей.

Расходные материалы и канцелярские принадлежности (бумага писчая для составления отчета; школьные тетради в клетку для полевых записей и оформления таблиц; лист ватмана формата А1; маркер черного или синего цвета; циркуль-измеритель; простые карандаши;

линейки и треугольники; ластик; репитографы черного, красного и коричневого цветов) приобретаются самостоятельно студентами до начала прохождения учебной практики. Образцы необходимых бланков предоставляются кафедрой.

Ниже в таблице приведен календарно-тематический план прохождения практики.

Порядок выполнения работ на учебной практике может изменяться по усмотрению руководителя в зависимости от погодных условий.

Итоги работы по учебной практике оформляются каждой бригадой в виде письменного отчета.

Материалы отчета помещаются в следующем порядке:

Введение.

1. Теодолитная съемка.

2. Техническое нивелирование.

3. Тахеометрическая съемка.

4. Буссольная съемка.

5. Меры безопасности при проведении учебной практики.

Пожарная безопасность.

Заключение.

По каждому из вышеуказанных разделов приводится краткое описание выполняемых видов работ. Результаты полевых измерений приводятся в стандартных бланках, журналах, ведомостях или таблицах. Также коротко излагается техника обработки данных, расчетные формулы и вычисления искомых величин. Полевые документы размещаются в виде приложений к соответствующему разделу. Каждый документ в отчете должен иметь фамилию составителя, заглавие и аккуратное оформление.

Все материалы подшиваются в папку, страницы нумеруются, составляется оглавление, введение и заключение, прилагается список использованной литературы.

Студенты также разрабатывают графический документ, который представляет собой топографический план туристического маршрута, построенный по материалам наземных геодезических съемок (теодолитная, тахеометрическая и буссольная съемки).

Оформленный отчет вместе с топографическим планом передается руководителю практики. После проверки отчета и внесения студентами необходимых исправлений руководитель практики принимает дифференцированный зачет.

Календарно-тематический план прохождения практики

Виды работ	Рабочий день практики
1. Организация практики. Вводный инструктаж о правилах поведения студентов в общежитии и на территории Негорельского учебно-опытного лесхоза. Проведение и документальное оформление инструктажа о требованиях безопасности труда при выполнении геодезических работ и в свободное от занятий время. Инструктаж по правилам бережного и безопасного обращения с геодезическими приборами и дополнительным оборудованием. Распределение студентов по бригадам. Выдача приборов для бригад	Первый
2. Теодолитная съемка. Поверки и юстировки теодолита. Тренировочные измерения углов	Первый
3. Техническое нивелирование. Поверки и юстировки нивелира. Прокладка тренировочного нивелирного хода	Первый
4. Создание планово-высотного съемочного обоснования топографической съемки туристического маршрута. Рекогносцировка контура маршрута. Закрепление станций. Теодолитная съемка. Измерение горизонтальных углов теодолитом и сторон хода землемерной лентой. Техническое нивелирование. Измерение превышений нивелиром между станциями. Камеральная обработка результатов измерений, контроль их точности, исправление неверных результатов повторными измерениями	Второй
5. Тахеометрическая съемка. Необходимые поверки теодолита: определение коэффициента дальномера и величины места нуля вертикального круга. Освоение методики маршрутной тахеометрической съемки. Расстановка съемочных пикетов, измерения теодолитом горизонтальных и вертикальных углов, расстояний	Третий
6. Камеральные работы. Обработка полевых материалов и составление топографического плана туристического маршрута. Необходимые полевые проверки исходных данных	Четвертый
7. Буссольная съемка. Поверки буссоли или гониометра. Тренировочные измерения магнитных азимутов и румбов сторон замкнутого многоугольника. Освоение буссольной съемки лесных участков. Прокладка буссольного хода по туристическому маршруту. Нанесение буссольного хода на топографический план графическим способом	Пятый
8. Проведение дифференцированного зачета. Проверка, ремонт, консервация и сдача инструментов на склад кафедры. Проведение заключительного индивидуально-бригадного дифференцированного зачета по итогам учебной геодезической практики	Шестой

1. ПРАВИЛА ВНУТРЕННЕГО РАСПОРЯДКА, ОБЯЗАННОСТИ БРИГАДИРА И ЧЛЕНОВ БРИГАДЫ

Приборы, принадлежности и учебная литература выдаются бригадиру под расписку. Материальную ответственность за утерю или поломку геодезических приборов и оборудования несет бригада в целом.

Все студенты обязаны быть на месте работы в назначенное время. В дождливую погоду студенты являются на практику, как обычно, и занимаются камеральными работами.

Бригадир ежедневно отмечает в тетради-черновике задания преподавателя и результаты их выполнения, записывает вопросы, возникающие в процессе работы. Просматривая записи бригадира, преподаватель дает необходимые разъяснения и указания по ходу работы. Каждый студент должен выполнить все виды работ, установленные программой практики. Для этого бригадир составляет и представляет на утверждение преподавателю график распределения обязанностей по видам работ на практике и по составлению отчета в бригаде. Прием работ и зачет по практике проводятся преподавателем-руководителем в присутствии всей бригады. Студенты, не выполнившие работы, к зачету по практике не допускаются.

На зачете каждый член бригады должен показать знание методов выполнения и организации работ, входящих в программу практики, проверок и юстировки приборов, и проявить навыки обращения с ними.

Бригадир студенческой бригады обязан: организовать получение и сдачу приборов, оборудования и литературы, следить за их сохранностью; поддерживать учебную и производственную дисциплину в бригаде; составлять график распределения обязанностей в бригаде по видам работ, предоставлять его преподавателю на утверждение и следить за его выполнением; вести тетрадь-черновик практики; добиваться качественного выполнения заданий в установленные сроки; следить за полнотой и аккуратностью ведения геодезических журналов, абрисов и другой технической документации.

Член бригады обязан: бережно обращаться с геодезическими приборами, оборудованием, пособиями и другим государственным имуществом; строго соблюдать правила внутреннего распорядка, техники безопасности и охраны окружающей среды; добросовестно относиться к своим обязанностям.

2. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОХОЖДЕНИИ УЧЕБНОЙ ПРАКТИКИ

Руководитель практики до ее начала проводит общий инструктаж по технике безопасности, включая правила поведения на дорогах при прибытии, убытии с места работ, а также правила поведения на объектах, связанных с прохождением практики. Инструктаж оформляется актом с подписью каждого студента.

В процессе рекогносцировки руководитель практики проводит инструктаж на месте работы каждой бригады, учитывая местные условия.

В ходе полевых работ необходимо соблюдать следующие требования безопасной работы и правила санитарной гигиены.

Для предотвращения травм:

- необходимо иметь обувь, исключаящую натирание ног и скольжение подошвы по травянистой местности (рекомендуется обувь на резиновой подошве);

- верхняя одежда должна закрывать тело от солнечной радиации, быть свободной и обеспечивающей вентиляцию тела (не рекомендуется одежда из искусственных тканей);

- во избежание солнечных ударов головной убор должен быть свободным, белого цвета;

- запрещается употреблять воду из водопроводных кранов, качество которой неизвестно (рекомендуется в условиях жаркого времени года иметь домашнюю кипяченую воду каждому студенту).

Строго соблюдать технику безопасности как в процессе работы с геодезическими инструментами, так и во время передвижения по месту работы и в пути следования к месту практики и обратно:

- штативы носить на плече, башмачками вниз, сзади;

- запрещается перекидывать вешки. Носить их следует в вертикальном положении, острием вниз;

- недопустимо перекидывать шпильки мерной ленты;

- при работе с мерной лентой, во избежание пореза, перемещать ее только за ручки;

– в местах установки инструмента в зоне 2 м от него не должны размещаться другие инструменты: вешки, рейки, колышки и т. д.;

– в процессе измерения около геодезического инструмента никто не должен находиться, кроме наблюдателя и его помощника, во избежание случайных травм;

– при перемещении по месту работ следить за состоянием поверхности земли во избежание травм;

– при пользовании транспортом строго соблюдать правила дорожного движения: дорогу переходить под прямым углом, убедившись в отсутствии приближающегося транспорта на расстоянии не менее 100 м;

– переходить дорогу разрешается только в установленных местах.

На учебной практике по геодезии студенты прорубают визиры, изготавливают и устанавливают вешки, колья и столбы. При этом следует строго соблюдать правила техники безопасности и охраны труда.

Перед началом работ необходимо проверить исправность инструментов, работать неисправным инструментом запрещается. Топоры, лопаты и молотки должны быть плотно насажены на рукоятки с расклиниванием металлическими клиньями. Рукоятки не должны иметь заусениц и трещин.

На переходах режущие части инструментов должны быть закрыты. Топоры разрешается переносить в руке, причем топор держится рукояткой (топорищем) вниз, а режущая часть обращена вперед. Другие способы переноски топора (за поясом, на плече и др.) категорически ЗАПРЕЩАЮТСЯ. Для предотвращения ранения лица ветвями не рекомендуется в лесу идти друг за другом на расстоянии ближе 2 м.

Мерную ленту и шпильки разрешается переносить только в руке.

При прорубке визиров на линии вешения срубают подрост, кустарники и тонкомер на расстоянии 10–15 см от земли. Во избежание ранения руки надо держать срубаемый хлыст левой (правой) рукой на 35 см выше места удара топором. Нельзя нагибать деревья до сильного напружинивания. Необходимо следить, чтобы ноги не находились в плоскости удара топора. В густых зарослях при взмахе топор может задеть ветви соседнего дерева и отклониться, поэтому рубку надо начинать с наиболее расчищенного места, постепенно переходя к густым зарослям.

При подготовке вешек дерево очищают от сучьев, отвесным несильным ударом топора срубают, сразу заостряют комель на три грани, затем кладут вешку на плотно лежащее дерево или пень и легким

ударом топора отрубают вершинку. Верхний конец вешки на 15–20 см по длине окоряют.

При промере визиров металлической мерной лентой необходимо соблюдать большую осторожность во время перехода через бурелом, кочки и топкие болотистые места. Заднему мерщику запрещается дергать ленту назад без предварительного окрика переднего. Шпильки носить при этом следует только в руке, не подвешивая их на пояс.

При изготовлении колышков и сторожков нужно заострять их на твердом устойчивом предмете. Нельзя затачивать, прислонив их к стволу растущего дерева, так как при этом можно поранить руку топором и повредить дерево. Забивать колышки и сторожки нужно обухом топора, держа лезвием в сторону.

Охрана окружающей среды. В целях пожарной безопасности в лесу запрещается разжигать костры и курить на ходу, бросать горящие спички и окурки. Курить разрешается только на остановках, для этого необходимо подготовить место, т. е. снять подстилку до минерального слоя, куда стряхивать пепел с горячей папиросы, а по окончании курения положить окурки и прижать ногой.

В случае обнаружения в лесу пожара необходимо принять меры к тушению и сообщить преподавателю или работнику лесной охраны. Чтобы не заблудиться в лесу, необходимо тщательно ознакомиться со схемой лесничества и квартальной сетью.

Запрещается ходить и выполнять работы на газонах, в огородах и посадках различных культур.

Недопустимо засорять водоемы и территорию. Бумага, целлофановые пакеты, бутылки, остатки пищи и т. п. должны быть убраны и сложены в мусорные ящики.

После завершения работ все колышки должны быть извлечены из земли.

3. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ

3.1. Теодолит

3.1.1. Устройство теодолита

Теодолит – геодезический прибор, предназначенный для измерения горизонтальных и вертикальных углов, магнитных азимутов и расстояний по нитяному дальномеру.

На рис. 3.1 приводятся следующие основные части теодолита:

– *горизонтальный круг 25*, который состоит из *лимба* – угломерного круга с делениями от 0 до 360°, неподвижного во время измерения угла, и *алидады* – подвижной части теодолита, представляющей собой круг с нанесенным на нем отсчетным устройством в виде штриха или шкалы, при помощи которого производится отсчет по лимбу;

– *цилиндрический уровень 11*, по которому лимб приводится в горизонтальное положение;

– *зрительной трубы 17* для наведения теодолита на точки; состоит из объектива 22, окуляра 21, сетки нитей и фокусирующего устройства с кремальерой 14. Для получения резкого изображения предмета вращают кремальеру зрительной трубы, а для установления четкого изображения сетки нитей – окуляр;

– *вертикальный круг 18*, состоящий из лимба, неподвижно скрепленного с осью вращения зрительной трубы, и алидады;

– *отсчетное приспособление 23* (штриховой или шкаловой микроскоп);

– *подставка 6* с тремя *подъемными винтами 7* – для приведения теодолита в рабочее положение;

– *закрепительные и наводящие винты* вращающихся частей теодолита: лимба 27, 26, алидады 9, 10, трубы 12, 15.

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

В теодолитах различают три разных вращения: зрительной трубы, алидады и лимба. При этом каждое вращение снабжается двумя винтами – зажимным и наводящим. Причем наводящие работают только при зажатом зажимном винте.

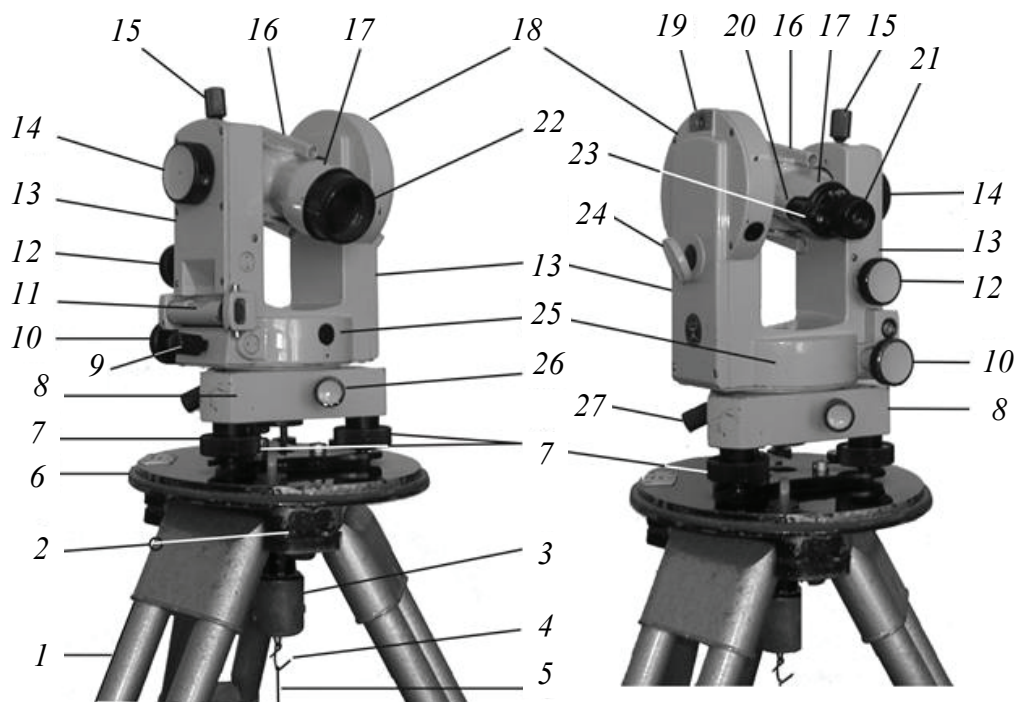


Рис. 3.1. Теодолит Т30 (2Т30)

и его основные конструктивные элементы:

- 1 – ножка штатива; 2 – головка штатива; 3 – становой винт;
 4 – крючок для нитяного отвеса; 5 – нитяной отвес; 6 – основание
 подставки (футляра) теодолита; 7 – подъемные винты подставки;
 8 – подставка теодолита; 9 – закрепительный винт алидады
 горизонтального круга; 10 – наводящий винт алидады горизонтального
 круга; 11 – установочный цилиндрический уровень; 12 – наводящий винт
 зрительной трубы; 13 – несущие колонки; 14 – рукоятка винта
 фокусировки зрительной трубы (кремальера); 15 – закрепительный винт
 зрительной трубы; 16 – коллиматорные визиры; 17 – зрительная труба;
 18 – вертикальный круг; 19 – посадочный паз для ориентир-буссоли;
 20 – отсчетный микроскоп; 21 – диоптрийное кольцо окуляра
 зрительной трубы; 22 – объектив зрительной трубы; 23 – диоптрийное
 кольцо окуляра отсчетного микроскопа; 24 – зеркальце иллюминатора
 для подсветки оптической системы внутри теодолита;
 25 – горизонтальный круг; 26 – наводящий винт лимба горизонтального
 круга; 27 – закрепительный винт лимба горизонтального круга

Теодолит устанавливается на штативе (рис. 3.2), состоящем из столика 1, трех выдвижных ножек 3 и станowego винта 7. Изменяя длину ножек, визуально добиваются горизонтального положения столика штатива, к которому при помощи станowego винта 7 прикрепляется теодолит.

3.1.2. Отсчетные приспособления теодолитов

Существует несколько видов отсчетных приспособлений: штриховой микроскоп, применяемый в теодолитах ТЗ0, и шкаловой микроскоп в теодолитах 2ТЗ0. Отсчеты снимают при наведении перекрестия сети нитей на цель (рис. 3.3).

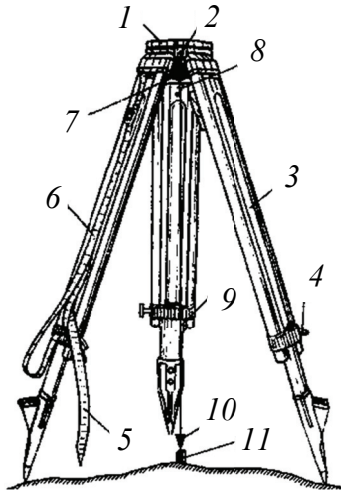


Рис. 3.2. Установка штатива над точкой:
1 – столик; 2 – болт; 3 – ножки; 4 – винт;
5, 6 – ремни; 7 – становой винт;
8 – крючок для отвеса; 9 – шнур отвеса;
10 – отвес; 11 – колышек

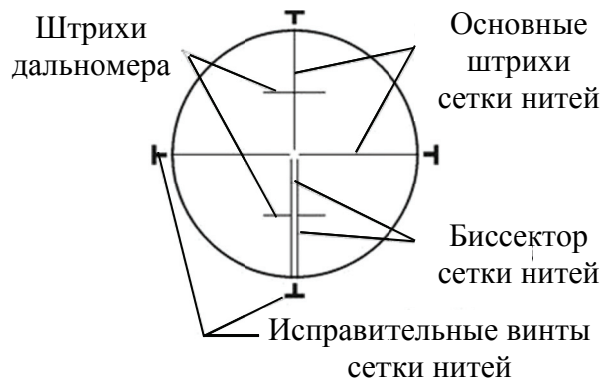


Рис. 3.3. Сетка нитей зрительной трубы теодолитов ТЗ0 (2ТЗ0)

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

Вид поля зрения штрихового микроскопа показан на рис. 3.4.

Цена деления лимба в теодолите ТЗ0 составляет 10'.

Отсчет снимают следующим образом: считывают число градусов, стоящее левее отсчетного штриха, после этого подсчитывают количество делений от этого градусного деления до штриха. В данном случае отсчет по горизонтальному кругу равен $135^{\circ}12'$, по вертикальному – $356^{\circ}36'$.

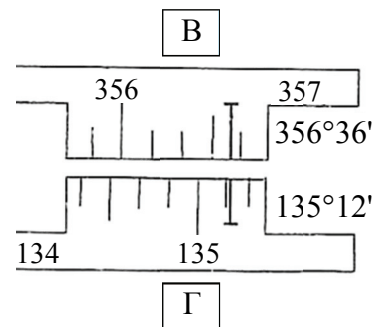


Рис. 3.4. Штриховая система отсчетов

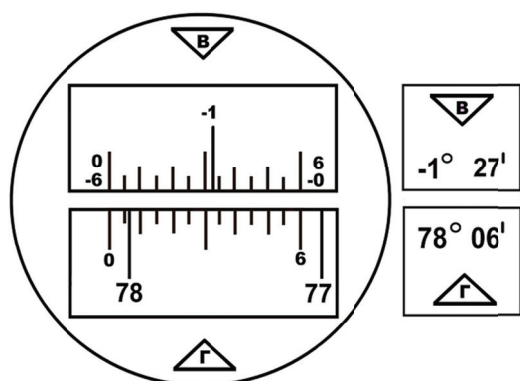


Рис. 3.5. Поле зрения шкалового микроскопа теодолита 2Т30П

Шкаловой микроскоп. В верхней части поля зрения микроскопа, обозначенного буквой В (рис. 3.5), видны штрихи лимба вертикального круга и штрихи отсчетной шкалы, а в нижней части, обозначенной буквой Г, – штрихи лимба горизонтального круга и штрихи отсчетной шкалы.

На обоих кругах нанесены только градусные штрихи. Каждый градусный штрих подписан.

Цена деления лимбов составляет 1° . На алидаде кругов нанесены отсчетные шкалы с ценой деления $5'$. Эти шкалы выведены в поле зрения микроскопа. Начальное деление шкалы горизонтального круга обозначено цифрой 0, а конечное – цифрой 6, что означает $60'$.

Отсчет по горизонтальному кругу производится в следующем порядке. Сначала считывается с лимба число градусов (по штриху лимба, попадающего на отчетную шкалу), а затем по отсчетной шкале, считывают минуты слева направо от нуля с точностью до $1'$, учитывая, что одно деление шкалы равно $5'$. Индексом для отсчитывания минут служит штрих градусного деления лимба, находящийся на отсчетной шкале. В нашем случае, отсчет по горизонтальному кругу равен $78^\circ 06'$ (рис. 3.5).

При отсчитывании по вертикальному кругу следует помнить, что шкала микроскопа вертикального круга имеет двойную оцифровку. Если у градусного деления вертикального лимба нет знака, для отсчета по шкале микроскопа используется положительная оцифровка – слева направо; если у градусного деления есть знак «минус», то для отсчета по шкале применяется отрицательная оцифровка – справа налево. В нашем случае отсчет по вертикальному кругу: $-1^\circ 27'$ (рис. 3.5).

3.1.3. Поверки теодолита

Пред выполнением измерений необходимо провести проверки теодолита. *Проверками* называют выяснение в полевых условиях сохранности взаимного расположения частей теодолита. Погрешности, вызванные несоблюдением геометрической схемы теодолита, устраняются путем его последующей *юстировки*, т. е. регулировки.

1. *Ось цилиндрического уровня должна быть перпендикулярна оси вращения прибора.*

Сперва алидада поворачивается так, чтобы уровень располагался параллельно прямой, соединяющей два подъемных винта подставки (рис. 3.6, а), и чтобы вращением этих винтов в противоположных направлениях вывести пузырек уровня на середину. После алидада поворачивается на 90° (рис. 3.6, б) и третьим подъемным винтом пузырек уровня выводится на середину. Затем, после поворота алидады на 180°, и оценивается смещение пузырька (рис. 3.6, в) от среднего положения. *Если при проверке уровня смещение его пузырька превышает одно деление, то прибор не прошел проверку.*

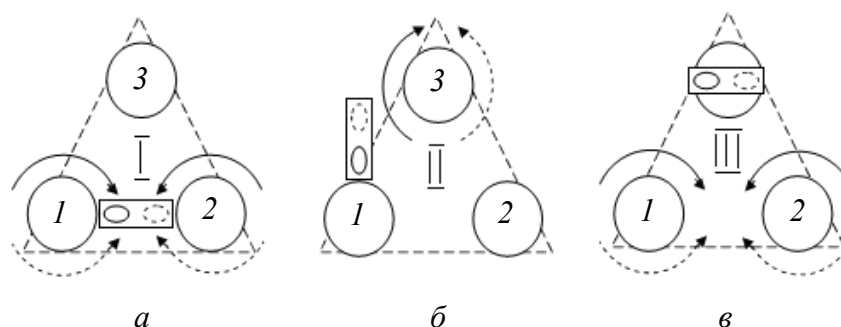


Рис. 3.6. Схема проверки уровня:
1, 2, 3 – подъемные винты подставки теодолита

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

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

При положении теодолита «круг слева» наводится зрительная труба на визирную цель, удаленную не менее чем на 50 м, направление на которую горизонтально (отклонение не более 2°), и с горизонтального лимба снимается показание $Л_1$. Потом повторяется наведение при положении теодолита «круг справа» и снимается показание $П_1$. После освобождается закрепительный винт лимба и теодолит разворачивается на 180° и снова закрепляется. На ту же цель опять наводится зрительная труба и при двух положениях теодолита снимаются показания $Л_2$ и $П_2$. После того как все отсчеты сняты производится расчет по формуле

$$c = \frac{(КЛ_1 - КП_1 \pm 180^\circ) + (КЛ_2 - КП_2 \pm 180^\circ)}{4}. \quad (3.1)$$

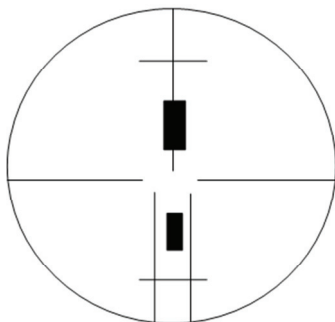


Рис. 3.7. Визирование на цель

Если при проверке коллимационная ошибка превышает двойную точность отсчетного приспособления теодолита (для теодолита 2Т30П с $\epsilon = 2'$), производится юстировка (исправление).

3. Ось вращения трубы должна быть перпендикулярна к оси вращения алидады.

От стены на расстоянии 10–20 м устанавливается теодолит в рабочем состоянии и на высоте выбирается точка. После этого зрительную трубу приводят в нулевое состояние (отсчет по горизонтальному кругу $0^{\circ}00'$) и отмечают на стене проекцию перекрестия сетки нитей. Затем зрительную трубу переводят через зенит и опять наводят на точку, которая была выбрана первоначально, а на стене в нулевом уровне отмечается вторая проекция перекрестия нитей. *Если намеченные на стене точки совпадают, то исправление не требуется.*

Юстировка производится только в мастерской.

4. Вертикальная нить сетки зрительной трубы должна совпадать с отвесной линией (или быть перпендикулярна оси ее вращения).

Наводят трубу на хорошо видимую точку и наводящим винтом смещают ее по высоте (рис. 3.7). Если при этом изображение точки остается на вертикальной нити сетки нитей, то условие выполняется. Если изображение точки сходит с вертикальной нити, нужно ослабить исправительные винты сетки нитей и развернуть сетку в нужном направлении.

После проведения всех проверок закладывается пробный теодолитный ход. Результаты проведенных измерений заносятся в журнал измерения горизонтальных углов и расстояний.

3.1.4. Техника измерения

При выполнении работ с теодолитом (рис. 3.8) его устанавливают на станции (вершина измеряемого угла, начальная точка измеряемой линии и т. д.). Для этого сначала ставят штатив так, чтобы центр головки был примерно над нужной точкой, а плоскость головки – горизонтальна. Только после этого к штативу прикрепляют теодолит и приводят его в рабочее положение.

Приведение прибора в рабочее положение. Установка теодолита в рабочее положение состоит из *центрирования прибора, горизонтирования его и фокусирования зрительной трубы.*

Центрирование – установка вертикальной оси прибора над вершиной измеряемого угла. Выполняют с помощью отвеса.

Горизонтирование – приведение вертикальной оси прибора в отвесное положение. Проводится с помощью цилиндрического уровня на алидаде.

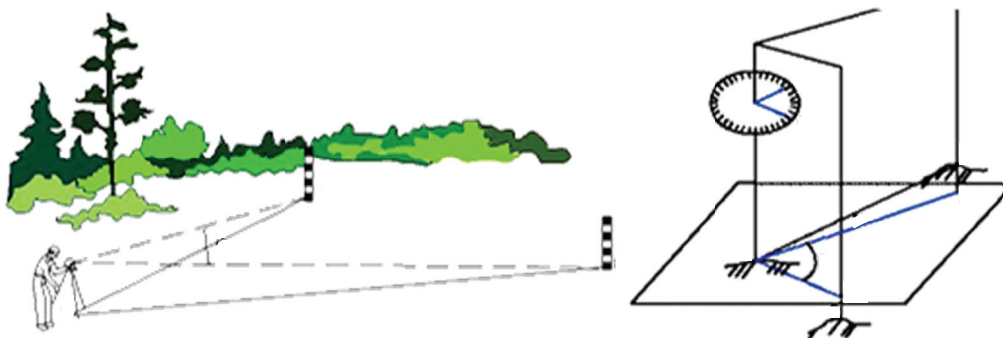


Рис. 3.8. Схема измерения горизонтального угла

Фокусирование зрительной трубы заключается в отчетливой видимости сетки нитей и объектов местности. Выполняется вращением окуляра зрительной трубы и фокусирующего винта зрительной трубы.

Измерение горизонтального угла. Измерение горизонтального угла проводят способом приемов. Прием состоит из двух полуприемов – КЛ (круг слева) и КП (круг справа). Работу начинают с установки теодолита над центром знака (например, колышка), закрепляющим вершину угла.

Программа измерения правого по ходу горизонтального угла способом приемов:

1) закрепляют горизонтальный круг теодолита на весь цикл действий при первом полуприеме;

2) отпускают зажимной винт верхней (алидадной) части теодолита и зажимной винт зрительной трубы, визируют на заднюю вешку, зажимают оба этих винта, окончательно наводят центр визирной сетки на низ вешки (рис. 3.9), берут отсчет по горизонтальному кругу и записывают его величину – Z' .

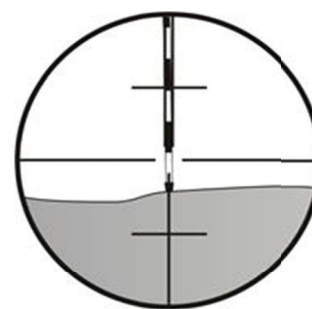


Рис. 3.9. Визирование на вешку

Аналогично визируют на переднюю вешку, записывают отсчет Π' , потом вычисляют горизонтальный угол по формуле

$$\beta = Z - \Pi. \quad (3.2)$$

Эти действия составляют первый полуприем измерений;

3) горизонтальный круг поворачивают на 2–5°, делая 1–2 оборота наводящего винта, который закреплен на подставке теодолита, зрительную трубу «переводят через зенит» (этим изменяют рабочее положение теодолита), поворачивают верхнюю часть теодолита зрительной трубой в направлении заднего пункта;

4) повторяют визирование на вешки заднего и переднего пунктов, в той же последовательности (см. п. 2), записывают отсчеты З" и П". Вычисляют угол β", используя формулу (3.2), чем и завершают второй полуприем измерения горизонтального угла (если З < П, то к отсчету З добавляют 360°);

5) если разность β' и β" не более 2' (минут), то вычисляют среднее значение горизонтального угла, как среднеарифметическое между двумя полуприемами: $\beta_{cp} = (\beta' + \beta'') / 2$, которое принимается за результат измерения. Таким образом, считается выполненным полный прием измерений горизонтального угла способом приемов.

Результаты измерений горизонтальных углов заносятся в журнал измерения горизонтальных углов.

Измерение угла наклона. Углом наклона называется угол в одной плоскости, составленный линией визирования и горизонтальной плоскостью, проходящей через ось вращения трубы.

Измерение углов наклона происходит при помощи вертикального круга. Углы могут быть положительными и отрицательными в зависимости от расположения трубы (выше или ниже относительно линии горизонта трубы).

Измерение угла происходит, как правило, при двух положениях трубы КЛ и КП. Теодолит приводят в рабочее положение и наводят среднюю горизонтальную нить сетки на нужную цель, например при КП. Производят отсчет по вертикальному кругу и записывают его в журнал (таблица).

Журнал измерения углов наклона

Номер станции	Номер точки	Отсчеты по вертикальному кругу		МО	Угол наклона
		КП	КЛ		
ПП 35	ПП 34	-0°31'	0°33'	0°01'	0°32'
	ТТ 1	0°49'	-0°47'	0°01'	-0°48'

Переводят зрительную трубу через зенит и выполняют аналогичные действия при другом положении вертикального круга (при КЛ). Отсчет записывают в журнал (таблица).

Затем вычисляют место нуля (МО) вертикального круга. Для теодолита 2Т30П *местом нуля* называется отсчет по вертикальному кругу, когда визирная ось зрительной трубы горизонтальна, а пузырек уровня при горизонтальном круге находится в нуль-пункте. Место нуля вычисляется по формуле

$$MO = \frac{Л + П}{2}. \quad (3.3)$$

где Л, П – отсчеты по вертикальному кругу, сделанные соответственно при рабочем положении теодолита КЛ и КП.

Угол наклона вычисляется по формулам:

$$v = Л - MO; \quad (3.4)$$

$$v = MO - П; \quad (3.5)$$

$$v = \frac{Л - П}{2}. \quad (3.6)$$

Контролем правильности измерения углов наклона служит постоянство МО, колебание которого не должно превышать двойной точности счета по шкале прибора, т. е. 2'.

Измерение расстояний нитяным дальномером. Оптические дальномеры предназначены для определения расстояний от нескольких десятков до ста метров. Технический теодолит снабжен простейшим оптическим дальномером, называемым нитяным.

Нитяной дальномер представляет собой зрительную трубу, на сетке нитей которой дополнительно нанесены дальномерные штрихи (рис. 3.10), расположенные симметрично визирной оси.

Для измерения расстояний теодолит устанавливают в начале измеряемого отрезка, а дальномерную рейку – в конце его (рис. 3.10).

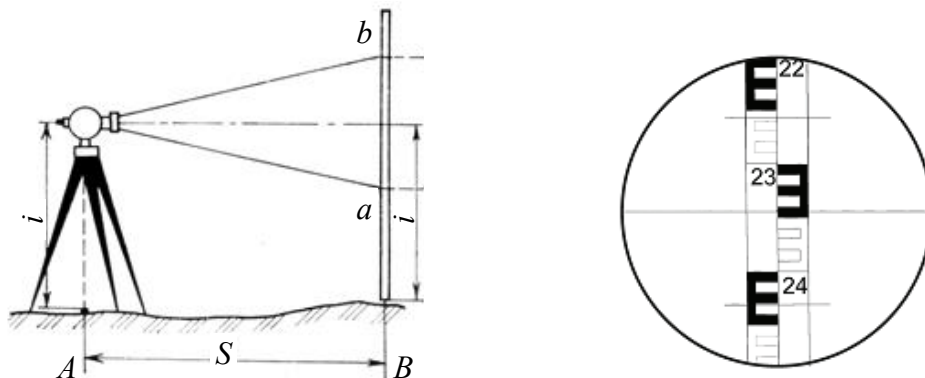


Рис. 3.10. Определение расстояний по нитяному дальномеру теодолита 2Т30П

На рейке предварительно отмечают высоту инструмента i на данной станции (ставят метку или надевают тонкую резинку). Прибор приводят в рабочее положение и наводят центральную горизонтальную нить сетки нитей на метку на рейке. Затем по верхней $n_{\text{в}}$ и нижней $n_{\text{н}}$ дальномерным нитям берут отсчеты. В нашем случае $n_{\text{н}} = 2431$ мм и $n_{\text{в}} = 2256$ мм (рис. 3.10).

Дальномерное расстояние определяется по формуле

$$D = n \cdot K, \quad (3.7)$$

где n – разность отсчетов по дальномерным нитям дальномера ($n = n_{\text{н}} - n_{\text{в}}$); K – коэффициент дальномера ($K = 100$).

В нашем случае

$$D = (2431 - 2256) \cdot 100 \text{ мм} = 175 \cdot 100 \text{ мм} = 17,5 \text{ м.}$$

3.2. Нивелир

Нивелир – прибор, в котором визирный луч приводится в горизонтальное положение.

В зависимости от того, каким способом визирный луч устанавливается в горизонтальное положение, нивелиры изготавливают в двух исполнениях:

- с цилиндрическим уровнем при зрительной трубе, с помощью которого осуществляется горизонтирование визирного луча (рис. 3.11);
- с компенсатором – свободно подвешенная оптико-механическая система, которая приводит визирный луч в горизонтальное положение.

3.2.1. Устройство нивелира с уровнем

На учебной практике для нивелирования пунктов съемочного обоснования используется точный нивелир Н-3 с цилиндрическим уровнем при зрительной трубе (рис. 3.11).

Нивелир крепят к штативу с помощью станкового винта и пружинящей пластины. В отвесное положение ось вращения нивелира устанавливают по круглому уровню 2 с помощью подъемных винтов 1, винтовая нарезка которых входит в гнезда подставки (трегера). Для приближенного наведения трубы на рейку служит визир 5 с мушкой, для точного – наводящий винт 9, который работает, когда труба

зафиксирована закрепительным винтом 8. Резкость изображения сетки нитей достигается вращением диоптрийного кольца окуляра 4, вращением кремальеры 6 получают четкое изображение рейки. Перед каждым отсчетом по рейке визирный луч нивелира устанавливают в горизонтальное положение элевационным винтом 3.

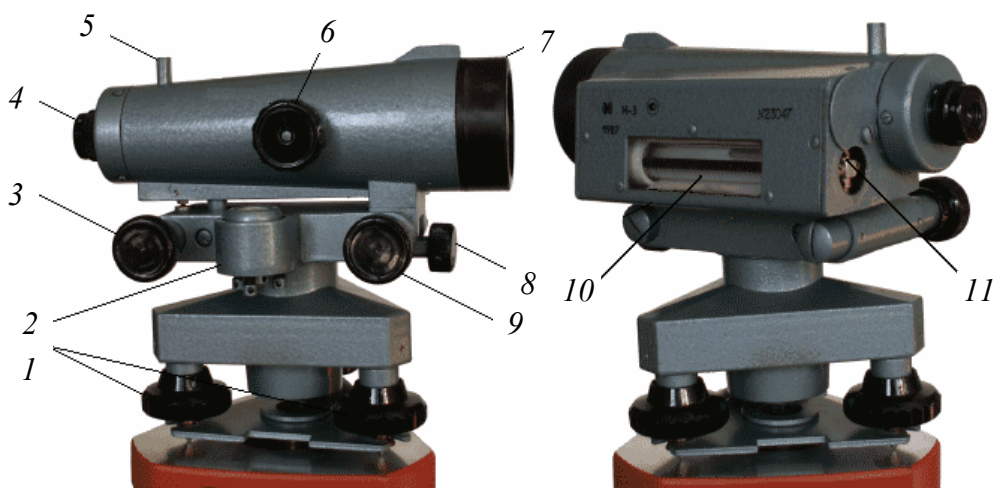


Рис. 3.11. Точный нивелир Н-3

с цилиндрическим уровнем при зрительной трубе:

- 1 – подъемные винты; 2 – круглый уровень; 3 – элевационный винт;
- 4 – окуляр зрительной трубы с диоптрийным кольцом; 5 – визир;
- 6 – кремальера; 7 – объектив зрительной трубы; 8 – закрепительный винт;
- 9 – наводящий винт; 10 – контактный цилиндрический уровень;
- 11 – юстировочные винты цилиндрического уровня

При этом следят за изображением четвертей пузырька цилиндрического уровня 10, которые через систему призм передаются в поле зрения трубы (рис. 3.12, а, б).

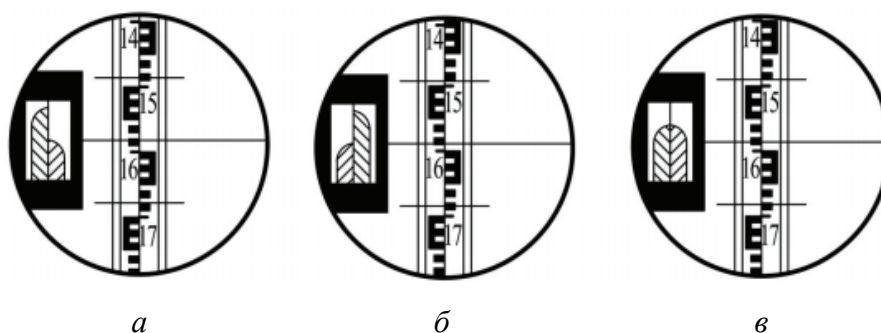


Рис. 3.12. Поле зрения зрительной трубы нивелира Н-3 при положениях пузырька цилиндрического уровня вне нуля-пункта (а, б) и в нуля-пункте (в)

Если центр пузырька уровня совместить с нуль-пунктом ампулы, то произойдет оптический контакт – изображения четвертей пузырька уровня будут равными по длине и образуют в верхней части один овал (рис. 3.12, в). При наклоне оси уровня контакт нарушается (рис. 3.12, а, б).

Сетка нитей нивелира имеет один вертикальный и три горизонтальных штриха, из которых два крайних (коротких) служат для определения расстояний. Нивелиры с цилиндрическими уровнями требуют тщательной установки по уровню при работе с ними и постоянного контроля положения пузырька уровня при взятии отсчетов.

Отсчет по рейке представляет собой отсчитанное деление рейки сверху вниз (рис. 3.12, в) относительно среднего горизонтального штриха визирной сетки – 1588 мм.

3.2.2. Поверки нивелира с уровнем

Главное условие, которое предъявляют к нивелиру, – это горизонтальность визирной оси. Для обеспечения этого требования перед началом работ необходимо выполнить поверки и произвести юстировки нивелира.

1. *Ось круглого уровня должна быть параллельна оси вращения прибора.*

Установить круглый уровень между двух подъемных винтов и вращением всех трех винтов привести пузырек круглого уровня в нуль-пункт (рис. 3.13). Затем повернуть прибор на 180°.

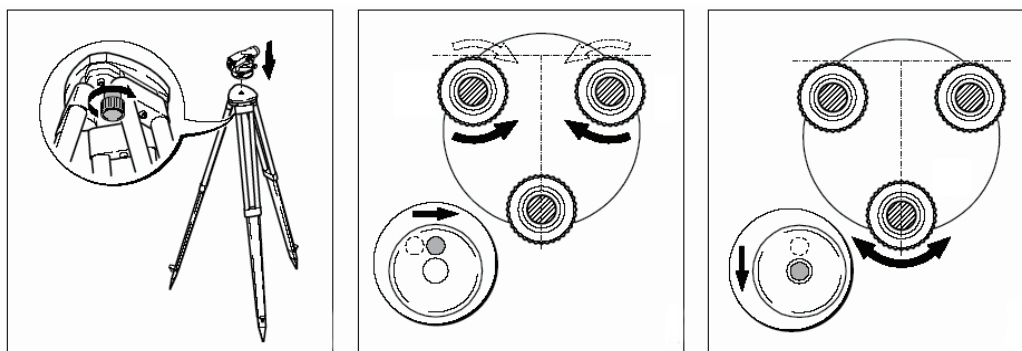


Рис. 3.13. Поверка круглого уровня

После юстировки пузырек уровня не должен отклоняться от нуль-пункта больше чем на 1/3 диаметра кольцевого деления ампулы.

В противном случае, если пузырек ушел из нуль-пункта, то на половину дуги отклонения действуют исправительными винтами,

а на оставшуюся часть – подъемными винтами. После юстировки поверку повторяют.

2. *Горизонтальная нить сетки нитей должна быть перпендикулярна к оси вращения прибора.*

Наводим нивелир на рейку. Эlevationным винтом приводим пузырек цилиндрического уровня в нуль-пункт.

Наводящим винтом трубы сдвигаем изображение рейки влево и снимаем отсчет (рис. 3.14).

Сдвигаем изображение рейки вправо и снимаем отсчет.

Если разность отсчетов не превышает 2 мм, то поверка выполняется.

Исправление: не производится, прибор сдается в мастерскую.

3. *Ось цилиндрического уровня должна быть параллельна визирной оси зрительной трубы (главное условие).*

При соблюдении данного условия, называемого главным, визирный луч нивелира будет горизонтальным, если пузырек цилиндрического уровня приведен в нуль-пункт.

Нивелиры с уровнем поверяются на главное условие точным способом двойного нивелирования.

В землю забивают два колышка на расстоянии 50–70 м друг от друга и ставят на них отвесно нивелирные рейки нулем вниз (рис. 3.15), или же к ограде стадиона вблизи футбольных ворот прочно прикрепляют две рейки в вертикальном положении. Станцию *A* для нивелира выбирают на равных расстояниях от названных двух реек с помощью дальномера трубы или шагами.

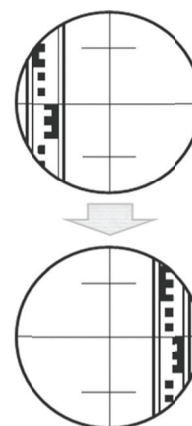


Рис. 3.14. Поверка сетки нитей

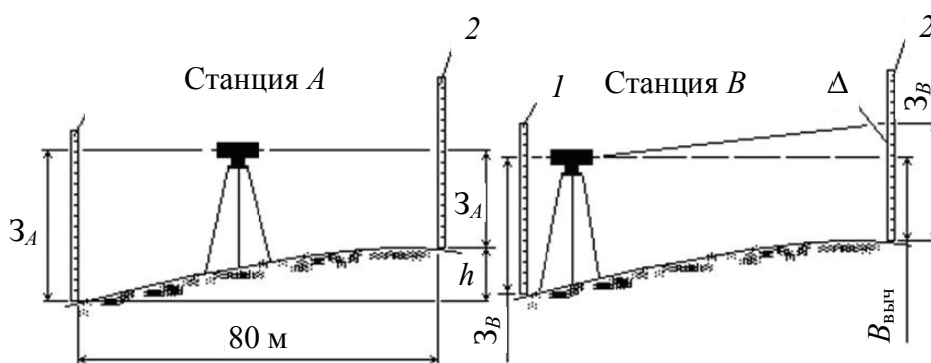


Рис. 3.15. Главная поверка нивелира с уровнем:
1 – задняя рейка; *2* – передняя

Одну из реек обозначают задней 1, вторую – передней 2. Отсчеты Z_A и P_A по рейкам студенты взаимно проверяют и записывают, а затем вычисляют верное превышение h_0 .

На станции B нивелир ставят в 4–6 м от задней рейки и берут отсчеты Z_B и P_B по тем же рейкам, после взаимной поверки величины Z_B и P_B вычисляют превышение h'_2 .

При соблюдении главного условия превышение h'_2 и превышение h_0 должны отличаться не более чем на ± 5 мм. В противном случае необходимо выполнить юстировку прибора.

3.2.3. Подбор и поверки реек

Рейки для технического нивелирования, складные РН-10-3000С должны быть парными: в них отсчеты по шкале красной стороны относительно нижней плоскости пятки будут одинаковыми (например, 4795 мм). Фиксаторное устройство должно надежно удерживать складную рейку в развернутом прямолинейном виде.

1. В развернутом состоянии рейка не должна иметь стрелу прогиба свыше 10 мм. Проверяется с помощью линейки с миллиметровыми делениями относительно нити, натянутой через концы рейки.

2. Деления рейки должны быть нанесены с погрешностями не более 1 мм. Проверяется с помощью контрольной линейки, а при ее отсутствии – при помощи рулетки с миллиметровыми делениями.

После проведения всех поверок закладывается пробный нивелирный ход. Результаты проведенных измерений заносятся в журнал технического нивелирования.

3.2.4. Техника измерения превышений

Нивелированием называется процесс измерения превышений с целью определения высот точек. При нивелировании значения высот передают от исходных точек с известными высотами на точки, высоты которых надо определить. Различают следующие виды нивелирования: *геометрическое*, *тригонометрическое* и *физическое* (барометрическое, гидростатическое и др.).

Геометрическое нивелирование – метод определения превышений путем взятия отсчетов по вертикальным рейкам при горизонтальном луче визирования. Геометрическое нивелирование является одним из самых точных методов нивелирования. Его выполняют, используя нивелир и нивелирные рейки.

Отсчеты берут по шкалам вертикально устанавливаемых нивелирных реек.

Геометрическое нивелирование выполняют двумя способами – «из середины» и «вперед».

Нивелирование из «середины» – основной способ геометрического нивелирования (рис. 3.16).

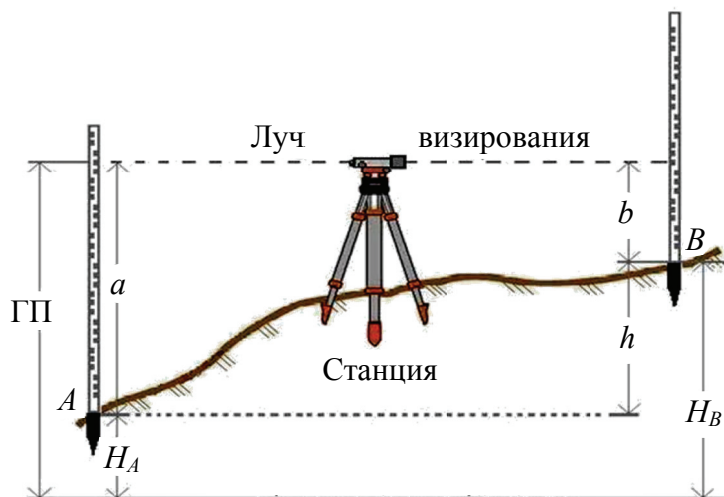


Рис. 3.16. Нивелирование «из середины»

На начальной (задней) и определяемой (передней) точках ставят отвесно рейки с делениями, обозначенными снизу вверх. Между рейками ставят нивелир (рис. 3.17).

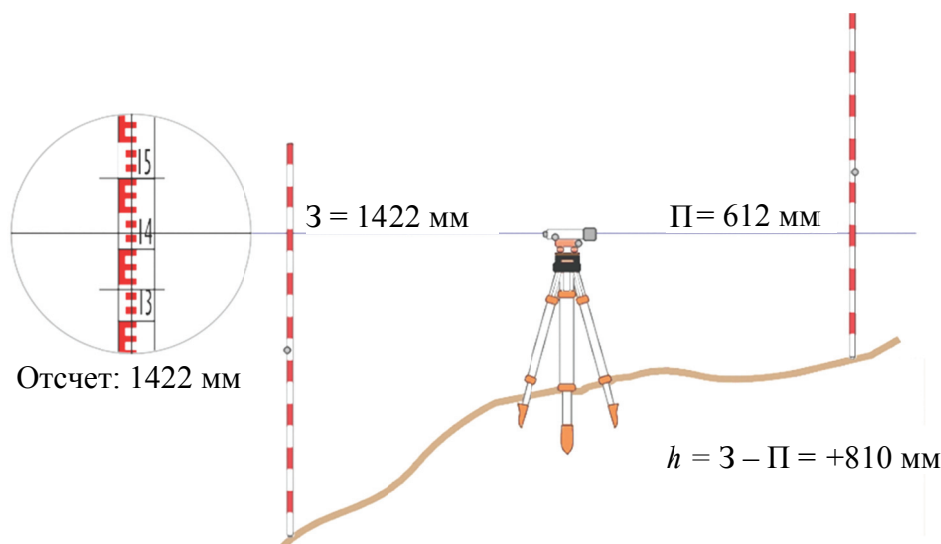


Рис. 3.17. Общая схема технического нивелирования

Визирную ось нивелира приводят в горизонтальное положение и наводят последовательно на заднюю A , а затем на переднюю B точки и берут отсчеты a и b .

Превышение вычисляют по формуле

$$h = a - b = 3 - \text{П.} \quad (3.8)$$

Обычно для контроля превышение измеряют дважды – по черным и красным сторонам реек. За окончательный результат принимают среднее.

При изыскании линейных сооружений производят нивелирование их трасс, выполняемое способом геометрического нивелирования «из середины». Результаты измерения заносятся в журнал технического нивелирования (см. п. 4.3, на с. 45).

Для вычисления высотной отметки (или промежуточной точки) можно использовать **способ вычисления через горизонт инструмента** (ГИ). Горизонтом инструмента (горизонт прибора) – называется высота визирного луча над уровенной поверхностью. ГИ равен отметке точки плюс отсчет по черной стороне рейки на эту же точку. Находят значения горизонта инструмента из следующих выражений:

$$\text{ГИ}_I = H_I + a_I \text{ или } \text{ГИ}_I = H_{\text{задняя}} + 3_{\text{ч}}; \quad (3.9)$$

$$\text{ГИ}_{II} = H_{II} + a_{II} \text{ или } \text{ГИ}_{II} = H_{\text{передняя}} + \text{П}_{\text{ч}}; \quad (3.10)$$

$$\text{ГИ}_{\text{ср}} = \frac{(\text{ГИ}_I + \text{ГИ}_{II})}{2}, \quad (3.11)$$

где H_I , H_{II} – отметки точек I и II; a_I , a_{II} – отсчеты по черной стороне нивелирных реек, поставленных на точках I и II.

Несовпадение величин ГИ_I и ГИ_{II} допускается до 0,010 м, среднее значение $\text{ГИ}_{\text{ср}}$ записывается в журнал технического нивелирования.

Отметки точек (отметка промежуточной точки) определяют по формуле

$$H_i = \text{ГИ}_{\text{ср}} - a_i \text{ или } H_{\text{пром}} = \text{ГИ}_{\text{ср}} - a_{\text{пром.черн}}, \quad (3.12)$$

где a_i – отсчеты по нивелирной рейке для точек, выраженные в метрах.

Все измерения заносятся в журнал технического нивелирования. Вычисление отметок через ГИ очень удобно, когда с одной станции были сделаны отсчеты на несколько промежуточных точек.

3.3. Буссоль

Буссоль – геодезический прибор, предназначенный для измерения магнитных азимутов, магнитных румбов и горизонтальных углов.

Буссоли бывают штативные, устанавливаемые при измерениях на штатив; ручные, которыми работают с руки; и настольные, накладываемые на карту или план для их ориентирования относительно сторон горизонта.

В настоящее время буссольная съемка по-прежнему остается основным видом съемки, используемой в практике лесного хозяйства.

3.3.1. Устройство буссоли БГ-1

В лесном хозяйстве Республики Беларусь при проведении работ, связанных со съемкой внутриквартальной ситуации, привязкой пробных площадей, отводом лесосек в рубку, и для ориентирования на местности наибольшее распространение получила буссоль геодезическая – БГ-1 (рис. 3.18).

Буссоль геодезическая (БГ-1) состоит из собственно *буссоли 1* (рис. 3.18), которая включает – корпус, румбическое кольцо *3* и магнитную стрелку *2*, *лимба 5* – горизонтальный круг с делениями от 0 до 360°; *алидады 6*; *глазного диоптра 7* – узенькой щели в пластине; *предметного диоптра 8* – визирного волоска в прорези диоптра; *переходной втулки 4*, с помощью которой буссоль устанавливается на штативе.

Верньер – приспособление для точного отсчета длин или углов по делениям шкалы (рис. 3.19).

Действие верньера основано на способности глаза уверенно устанавливать совпадение двух штрихов, когда один из них является продолжением другого и концы их совпадают. Верньер представляет собой подвижную шкалу, которая может скользить вдоль основной; деления на подвижной шкале несколько более мелкие, чем на основной.

Верньер – равномерная шкала штрихов, нанесенная на алидаду вдоль ее края. Штрихи пронумерованы числами, кратными 5', каждый третий подписан. Пользуясь такой оцифровкой, сначала на лимбе (рис. 3.19, *а*) находят ближайший к нулю верньера младший градусный штрих – 148°, затем на шкале верньера находят штрих, совпадающий с каким-либо штрихом лимба, и по его цифровому значению отсчитывают значения минут – 45'.

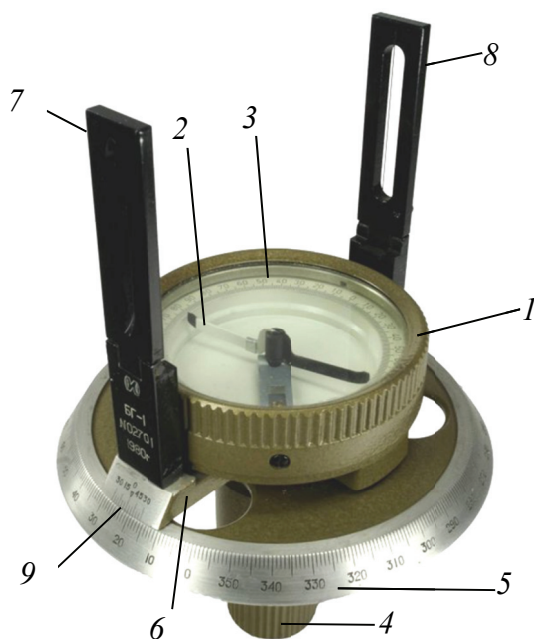


Рис. 3.18. Буссоль БГ-1:
 1 – буссоль; 2 – магнитная стрелка;
 3 – градусное кольцо; 4 – втулка; 5 – лимб;
 6 – алидада; 7 – глазной диоптр;
 8 – предметный диоптр; 9 – верньер



а



б

Рис. 3.19. Примеры отсчетов по лимбу и верньеру буссоли БГ-1:
 а – отсчет $148^{\circ}45'$;
 б – отсчет $2^{\circ}20'$

Полный отсчет состоит из градусов лимба и минут верньера – $148^{\circ}45'$. На рис. 3.19, б полный отсчет для определения магнитного азимута равен $2^{\circ}20'$.

3.3.2. Проверки буссоли

Перед выполнением угловых измерений необходимо провести проверки буссоли.

При проверках прибор закрепляют на штативе и хорошо горизонтируют либо на глаз, либо при помощи накладного уровня, затем магнитную стрелку опускают на шпиль. Условия проверок следующие:

1. *Магнитная стрелка должна устанавливаться на шпиль горизонтально.* Стрелку уравнивают колечком алюминиевой фольги.

2. *Магнитная стрелка должна обладать достаточной чувствительностью.* Если стрелка после прекращения воздействия на нее стального предмета возвращается к исходной ориентации с погрешностями свыше $0,5^{\circ}$, то буссоль не пригодна для достаточно точных измерений магнитных азимутов и румбов.

3. *Ось вращения магнитной стрелки должна совпадать с центром прилегающего кольца градусных делений.* При поверке стрелки на эксцентриситет корпус буссоли поворачивают вокруг вертикальной оси через каждые 30–40°. Величины отсчетов по румбической градусной шкале записывают. Если отсчеты по противоположным концам магнитной стрелки будут различаться более чем на 0,3°, то при измерениях магнитных азимутов или румбов такой буссолью отсчеты следует брать по обоим концам магнитной стрелки, а среднее из отсчетов будет свободным от погрешности за счет эксцентриситета.

После проведения всех проверок закладывается пробный буссольный ход. Результаты проведенных измерений заносятся в журнал буссольной съемки.

3.3.3. *Техника измерения горизонтальных углов и магнитных направлений*

Измерение горизонтального угла. Для измерения горизонтального угла буссоль устанавливают на его вершину, после чего прибор центрируют (при установке буссоли на вешке необходимость в центрировании отпадает, поскольку вешка устанавливается непосредственно на вершину угла). Погрешность центрирования буссоли по отвесу допускается до 3–5 см. Прибор удерживают от поворотов, визируют диоптрами на веху задней точки 4 (рис. 3.20, в) и берут отсчет 3 по угломерному кругу 1 с помощью верньера при глазном диоптре. Удерживая прибор, визируют диоптрами на веху передней точки 6 и берут отсчет П по угломерному кругу посредством верньера при глазном диоптре.

Горизонтальный правый по ходу угол с вершиной в точке 5 имеет вид

$$\beta_5 = 3_4 - П_6. \quad (3.13)$$

Если горизонтальный угломерный круг ориентировать – установить отсчет 0°00' на переднюю вешку, то полученный на заднюю вешку отсчет будет являться значением горизонтального угла.

Измерение магнитных направлений. Буссоль закрепляют на штативе и устанавливают над точкой E линии EK (рис. 3.21), магнитный азимут и румб которой необходимо определить. Магнитная стрелка освобождается. Прибор ориентируют относительно магнитного меридиана путем совмещения всех нулей: наблюдатель становится к югу от буссоли (рис. 3.21), нулевой штрих верньера 3, находящегося под глазным диоптром 2, совмещают с нулевым штрихом большого угломерного круга 1.

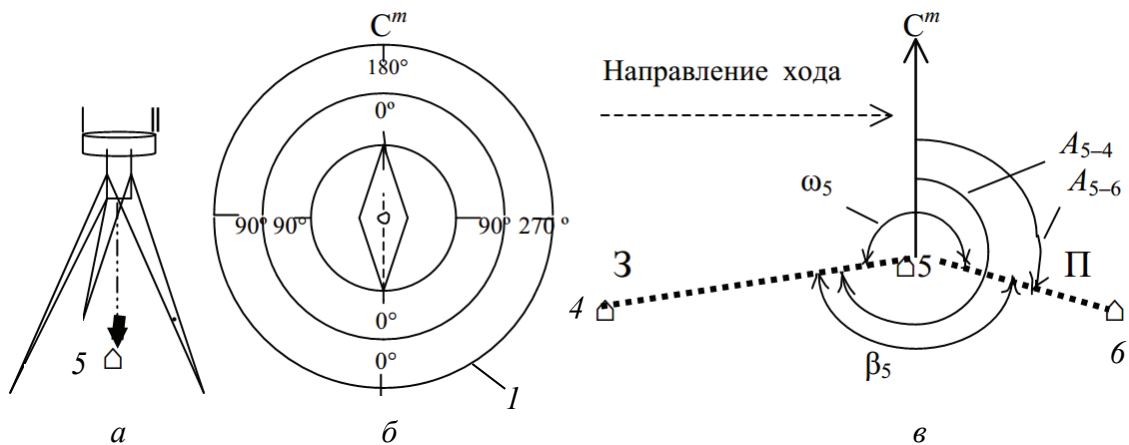


Рис. 3.20. Измерение магнитных азимутов и горизонтальных углов:
a – центрирование буссоли; *б* – ориентирование корпуса буссоли;
в – схема углов (C^m – северное направление магнитной стрелки;
 β_5 – правый по ходу угол; ω_5 – левый по ходу угол; A_{5-6} , A_{5-4} – магнитные азимуты направлений); *I* – угломерный круг; 4, 5, 6 – точки буссольного хода

Затем в этом положении весь прибор осторожно поворачивают во втулке и точно совмещают концы свободной магнитной стрелки 4 с нулевыми штрихами румбической шкалы 5 в коробке буссоли (рис. 3.21).

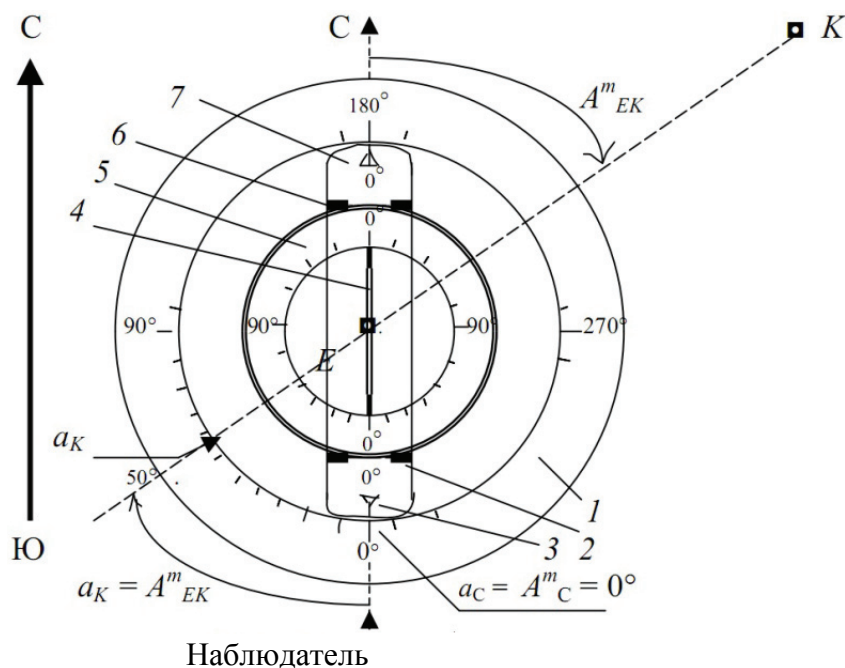


Рис. 3.21. Рабочее положение буссоли «три ноля»:
1 – угломерный круг; 2 – глазной диоптр; 3, 7 – верньер;
 4 – магнитная стрелка; 5 – румбическая шкала;
 6 – предметный диоптр

Таким образом, в исправной буссоли должны совпадать все нули, в их числе нулевой штрих верньера 7 при предметном диоптре 6 – со штрихом 180° круга 1 и оба конца магнитной стрелки – с нулевыми штрихами румбической шкалы 5 . Такое положение буссоли называется «*три ноля*» (рис. 3.21).

Оставляя неподвижной коробку буссоли, поворачивают алидаду так, чтобы через диоптры был виден объект, находящийся в конечной точке K . Точно совместив с объектом вертикальную плоскость, проходящую через прорезь глазного и нить предметного диоптров, т. е. выполнив визирование на объект, можно брать отсчеты.

Для определения магнитного румба необходимо по местоположению предметного диоптра и ближайшего к нему направления магнитного меридиана (магнитной стрелки) определить его направление, а также по установленному ближайшему концу магнитной стрелки и румбическому кольцу снять отсчет, который будет представлять собой градусную меру румба. Точность взятого отсчета будет составлять $0,5^\circ$, так как деления на румбической шкале нанесены через 1° .

Для определения магнитного азимута необходимо снять отсчет под глазным диоптром по лимбу с помощью верньера.

3.4. Землемерные ленты, рулетки

Расстояния в геодезии измеряют мерными приборами и дальномерами. Мерными приборами называют ленты, рулетки, проволоки, которыми расстояние измеряют путем укладки мерного прибора в створе измеряемой линии.

Достоинства лент и рулеток – простота устройства и эксплуатации. Недостатки при измерении длинных линий – большая трудоемкость, определяемая необходимостью подготовки трассы, измерения углов наклона отдельных участков.

При измерении расстояний к ленте (рулетке) прилагается комплект из шести (или одиннадцати) шпилек.

3.4.1. Компарирование землемерных лент

До применения мерных приборов их компарируют. Компарированием называется сравнение длины мерного прибора с другим прибором, длина которого точно известна (длина эталона). Выполняется на

компараторах. За эталоны принимают отрезки линий на местности, длины которых известны с высокой точностью.

В производственных условиях мерные приборы чаще всего компарируют на полевых компараторах. Они представляют собой выровненные участки местности преимущественно с твердым покрытием. Концы компаратора закрепляют на местности знаками со специальными метками, расстояние между которыми известно с большой точностью. Уложение мерных приборов ведут в прямом и обратном направлениях и определяют поправку из-за компарирования. Поправка на компарирование находится по следующей формуле:

$$\Delta l_{\text{к}} = \frac{l_0 - l_{\Sigma}}{n}, \quad (3.14)$$

где l_0 – длина полевого компаратора; l_{Σ} – длина компаратора, измеренная рабочим прибором; n – число отложений мерного прибора при измерении компаратора.

3.4.2. Техника измерения расстояний

Перед измерением линии лентой трассу необходимо подготовить – расчистить от кустарника, высокой травы и проवेशить. Техника измерения линий с помощью рулеток и землемерных лент практически не отличается.

Измерения линий лентой ЛЗ-20 выполняют два замерщика (рис. 3.22).

Передний берет 5 или 10 шпилек, задний – одну и этой шпилькой, поставленной вертикально, закрепляет задний конец ленты у начальной точки, убедившись, что подписи метровых делений возрастают в направлении переднего ее конца. Затем задний замерщик прижимает ногой ленту к земле с упором к шпильке и направляет переднего замерщика в створ, т. е. по направлению на переднюю вежу. Передний замерщик натягивает ленту и передний ее конец закрепляет в земле шпилькой, при этом лента не должна сдвигаться относительно задней шпильки. Затем задний замерщик вынимает свою шпильку, а передний снимает ленту со шпильки, которая остается в земле и от которой измерение продолжается после продвижения ленты вперед на ее длину l .

Когда передний замерщик поставит последнюю шпильку, у заднего их будет 5 или 10, это значит, что измерен отрезок, равный $5l = 100$ м или $10l = 200$ м при $l = 20$ м. Задний замерщик передает переднему 5 или 10 шпилек. Каждая такая передача отмечается в журнале измерений.

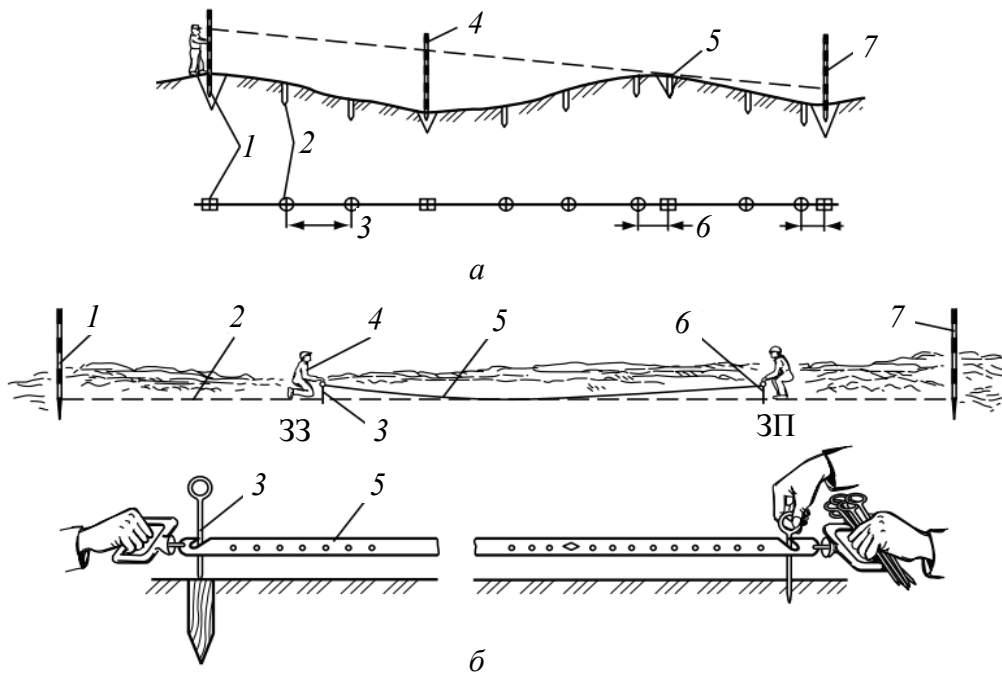


Рис. 3.22. Вешение линий и измерение расстояний:
a – профиль и план; *б* – измерение линии;
 1, 4, 7 – вехи; 2 – шпильки; 3, 6 – замеры; 5 – землемерная лента;
 ЗЗ – замерщик задний; ЗП – замерщик передний

При достижении конечной точки *B* линии *AB* измеряют так называемый остаток *r* – расстояние от заднего нулевого штриха ленты до центра знака *B*. Полевой результат измерения вычисляется по формуле

$$D = n \cdot l + r, \quad (3.15)$$

где *n* – число отложений ленты до остатка *r*.

Расстояние измеряется дважды («прямо» и «обратно»). Допустимое расхождение ΔD первого *D'* и второго *D''* результатов определяется по их допустимой относительной погрешности, например, $(\Delta D / D)_{\text{доп}} = 1 : 1\,000$, при этом $\Delta D_{\text{доп}} = D / 1000$.

Если линия или ее часть расположены на наклонной поверхности, то измеряют угол наклона *v* и длину *D* соответствующего отрезка и определяют поправку на угол наклона по формуле

$$\Delta D_v = D \cdot (\cos v - 1). \quad (3.16)$$

В теодолитном ходе поправка ΔD_v на угол наклона *v* отрезка линии учитывается при $v \geq 1,5^\circ$ или при превышениях $h \geq 2,6$ м на 100 м расстояния. В буссольном ходе поправка на наклон учитывается при $v \geq 4^\circ$ или при $h \geq 7$ м на 100 м расстояния.

4. ТОПОГРАФИЧЕСКАЯ СЪЕМКА ТУРИСТИЧЕСКОГО МАРШРУТА

Топографическая съемка туристического маршрута проводится методом тахеометрической съемки. Целью съемки является составление топографического плана туристического маршрута.

В зависимости от назначения тахеометрическая съемка бывает *маршрутная* и *площадная*. Маршрутная тахеометрическая съемка полосы местности производится, например, для проектирования линейного сооружения (участка дороги, мелиоративных канав и т. п.).

Съемочным планово-высотным обоснованием для тахеометрической съемки служат теодолитно-нивелирные, теодолитно-высотные и теодолитно-тахеометрические ходы, которые, если предоставляется возможность, привязывают в плановом и высотном отношении к пунктам разных классов триангуляции, полигонометрии геодезических сетей местного значения 1-го и 2-го разрядов, а также к реперам технического нивелирования.

При проложении *теодолитно-нивелирных ходов* расстояния между точками хода измеряют землемерными лентами или соответствующими им по точности дальномерами, горизонтальные углы – теодолитами, а превышения – геометрическим нивелированием.

При проложении *теодолитно-высотных ходов* расстояния между точками хода и горизонтальные углы измеряют так же, как и в теодолитно-нивелирных ходах, а превышения – тригонометрическим нивелированием в прямом и обратном направлениях между каждыми двумя смежными вершинами хода. Расхождение этих превышений не должно быть больше $\pm 0,04$ м на 100 м расстояния.

В *теодолитно-тахеометрических ходах* горизонтальные углы измеряют так же, как и в теодолитно-высотных ходах, а длины сторон хода определяют при помощи нитяного дальномера в прямом и обратном направлениях с относительной погрешностью приблизительно 1 : 400. Превышения в теодолитно-тахеометрическом ходе измеряют тригонометрическим нивелированием, при этом вертикальный угол между смежными вершинами хода определяют при двух положениях вертикального круга (при КП и КЛ) дважды – в прямом и обратном направлениях.

Величина MO , вычисленная по отсчетам Π и Л , не должна отличаться от значения MO , найденного предварительно, более чем на $2t$ (t – точность отсчетного устройства). Расхождение прямого и обратного превышений не должно быть больше $\pm 0,06$ м на 100 м расстояния.

4.1. Создание планового обоснования туристического маршрута

Целью создания планового съемочного обоснования является сгущение геодезической сети до плотности, необходимой для производства топографической съемки в заданном масштабе.

Съемочное обоснование закладывается на геодезическом полигоне Негорельского учебно-опытного лесхоза в виде, как правило, замкнутого или разомкнутого теодолитного хода (рис. 4.1). Теодолитный ход намечается так, чтобы в нем измерялись правые по ходу углы. Следует предусматривать оптимальное использование точек и сторон хода для съемки контуров ситуации.

Необходимо обеспечивать взаимную видимость соседних вершин хода, а расстояния между ними принимать от 30 до 200–250 м.

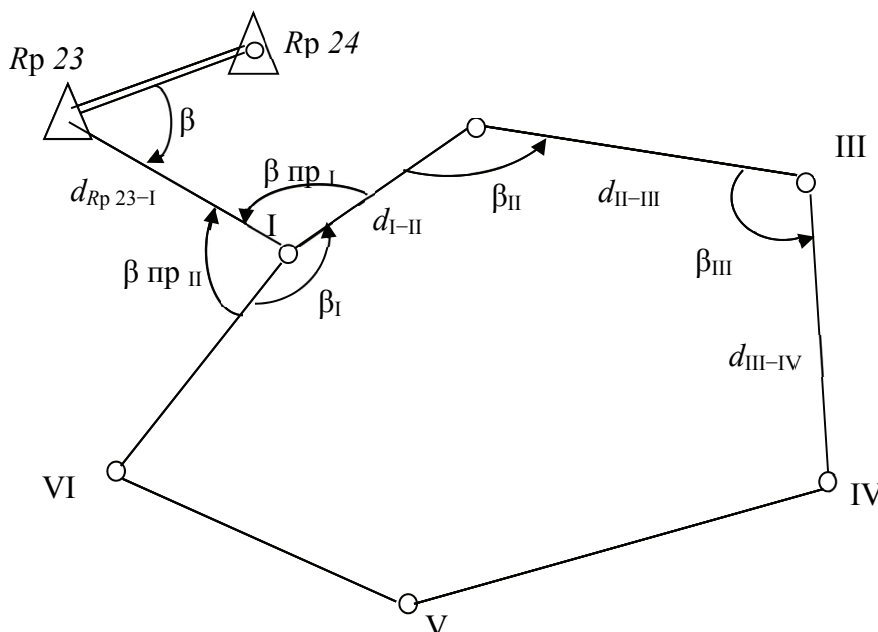


Рис. 4.1. Замкнутый теодолитный ход:
 $Rp 23$, $Rp 24$ – реперы государственной геодезической сети;
 $\beta_{pr I}$ и $\beta_{pr II}$ – примычные углы

Закрепление пунктов (вершин) теодолитного хода осуществляется деревянными колышками (рис. 4.2, *а*), их забивают практически вровень с землей, чтобы не создавать препятствий пешеходам и транспортным средствам, а на местах покоса трав – не быть причиной поломки средств травкошения.

Сторожки (рис. 4.2, *б*) ставят для обозначения пунктов, но в местах, где вероятна их сохранность (ближайшие заросли). Пункты необходимо очистить от травы и окопать с помощью топора (рис. 4.2, *б*). За центр пункта принимают центр деревянного колышка, длина которого около 10–15 см; колышек забивается в землю так, чтобы над землей осталось не более 1 см его длины (рис. 4.2, *а*). На расстоянии 20–30 см от колышка делается окопка глубиной около 5 см в форме, например, прямоугольника (рис. 4.2, *в*). В один из углов окопки забивается опознавательный кол (сторожок); высота сторожка над поверхностью земли должна быть 20–40 см (рис. 4.2, *г*); на одной из граней кола нужно подписать номер пункта, номер бригады (группы): например, «ТХ1/11».

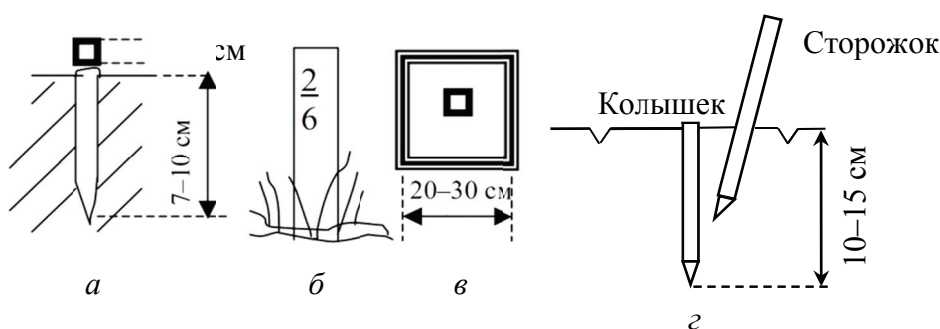


Рис. 4.2. Временный пункт теодолитного хода:
а – колышек – центр пункта; *б* – сторожок (надписи на сторожке:
 2 – номер пункта; б – номер бригады);
в – форма окопки; *г* – пример установки временного пункта

В процессе рекогносцировки составляют схему проектируемых теодолитных ходов, ориентированную на север. Для составления схемы и нанесения на нее исходных пунктов теодолитного хода используют схему геодезического полигона.

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

Углы в теодолитных полигонах и ходах определяют с помощью теодолитов с погрешностью не более 30". Горизонтальные углы измеряют полуприемами, согласно методике, рассмотренной в п. 3.1.4.

При измерениях углов и линий на общих участках местности соседние бригады должны обозначить свои вехи четкими отличительными знаками (листами бумаги, цветными лентами, другими метками) и проверить установку вех строго на своих пунктах, обозначенных окопкой и сторожками.

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

4.2. Вычисление прямоугольных координат пунктов съёмочного обоснования

Вычисление прямоугольных координат опорных пунктов тахеометрической съемки выполняется в «Ведомости вычисления координат вершин теодолитного хода» (табл. 4.1) и осуществляется в следующей последовательности: указываются исходные данные, выполняется проверка измеренных горизонтальных углов и вычисляются дирекционные углы сторон теодолитного хода, рассчитываются приращения координат, определяются прямоугольные координаты опорных пунктов.

Заполнение координатной ведомости исходными данными. В графах 1 и 13 координатной ведомости (табл. 4.1) сверху вниз последовательно записываются названия пунктов планово-съёмочного обоснования: ПП 34, ПП 35, ТТ 1, ТТ 2, ПП 34, ПП 35.

В графу 2 заносятся значения измеренных горизонтальных углов – их средние значения между сторонами теодолитного хода β_i по данным журнала тахеометрической съемки.

В графу 6 записывают величины горизонтальных проложений d_i сторон теодолитного хода по данным журнала тахеометрической съемки, так чтобы их значения располагались между строками графы 1, в которых указаны названия пунктов данной линии: ПП 35 – ТТ 1 – 120,00 м; ТТ 1 – ТТ 2 – 110,70 м и т. д.

Таблица 4.1

Ведомость вычисления координат вершин геодезического хода

Номер точки	Горизонтальный угол		Дирекционный угол α	Румб стороны r	Горизонтальное проложение d , м	Приращения координат, м				Координаты точек, м		Номер точки
	измеренный β'	уравненный β				$\pm\Delta X'$	$\pm\Delta Y'$	$\pm\Delta X$	$\pm\Delta Y$	X	Y	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ПП 34	-	-	α_n 85°56'	-	-	-	-	-	-	-	-	ПП 34
ПП 35	-0,5' 85°00,5'	85°00'	180°56'	ЮЗ: 0°56'	120,00	-0,04 -119,98	+0,06 -1,99	-120,02	-1,93	X_n 1250,00	Y_n 1220,00	ПП 35
ТТ 1	-0,5' 77°18'	77°17,5'	283°38,5'	СЗ: 66°21,5'	110,70	-0,03 26,12	+0,05 -107,57	26,09	-107,52	1129,98	1218,07	ТТ 1
ТТ 2	-0,5' 98°30,5'	98°30'	5°08,5'	СВ: 5°08,5'	87,00	-0,02 86,65	+0,04 7,81	86,63	7,85	1156,07	1110,55	ТТ 2
ПП 34	-0,5' 99°13'	99°12,5'	α_k 85°56'	-	-	-	-	-	-	X_k 1242,70	Y_k 1118,40	ПП 34
ПП 35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ПП 35
$\Sigma\beta' =$	359°58'				$\Sigma d_i =$ = 317,7	$\Sigma\Delta X' =$ = -7,21	$\Sigma\Delta Y' =$ = -101,75	$\Sigma\Delta X =$ = -7,30	$\Sigma\Delta Y =$ = -101,60			
$\Sigma\beta_{теор} =$	360°00'					$\Sigma\Delta X_{теор} =$ = -7,30	$\Sigma\Delta Y_{теор} =$ = -101,60					
$f_\beta =$	-0°02'					$f_x = 0,09$	$f_y =$ = -0,15					
$f_{\beta_{доп}} =$	$1' \sqrt{n} = 2'$					$f_{s_{абс}} =$ = 0,17	$f_{s_{доп}} =$ = 0,32					

В связи с тем, что плано-съёмочным основанием тахеометрической съёмки является замкнутый теодолитно-нивелирный ход, то начальный дирекционный угол считается также конечным, т. е. $\alpha_n = \alpha_k$. В координатную ведомость (графа 4) вносят метки α_n и α_k так, чтобы записи дирекционных углов располагались между строками графы 1, где указаны названия пунктов хода: ПП 34 – ПП 35.

В графах 11 и 12 координатной ведомости устанавливают метки X_n и Y_n для начальной точки ПП 35 и X_k и Y_k для конечной точки ПП 34, в строках, которые соответствуют значениям ПП 35 и ПП 34. Значения координат исходных пунктов выбираются из каталога координат пунктов геодезического полигона Негорельского учебно-опытного лесхоза.

Уравнивание измеренных горизонтальных углов, вычисление дирекционных направлений. В координатной ведомости (табл. 4.1) подсчитывают сумму измеренных углов $\Sigma\beta_{\text{изм}}$ и теоретическую их сумму $\Sigma\beta_{\text{теор}}$, которая определяется по формуле

$$\Sigma\beta_{\text{теор}} = 180^\circ \cdot (n - 2). \quad (4.1)$$

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

Затем определяют фактическую величину угловой невязки

$$f_\beta = \Sigma\beta_{\text{изм}} - \Sigma\beta_{\text{теор}} \quad (4.2)$$

и допустимую величину угловой невязки

$$f_{\beta \text{ доп}} = 2' \cdot \sqrt{n}. \quad (4.3)$$

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

Полученные углы уравнивают (увязывают), т. е. распределяют между ними фактическую угловую невязку f_β в виде поправок

$$v_\beta = \frac{-f_\beta}{n}. \quad (4.4)$$

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

Поправки указываются в графе 2 над значениями измеренных горизонтальных углов.

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

$$\beta_{\text{урав } i} = \beta_{\text{изм } i} + v_{\beta i}. \quad (4.5)$$

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

Дирекционные углы всех сторон хода последовательно вычисляются по формуле

$$\alpha_{i+1} = \alpha_i + 180^\circ - \beta_i \quad (\alpha_{i+1} < 360^\circ). \quad (4.6)$$

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

Вычисление дирекционных углов сторон теодолитного хода выполняется с контролем, в результате расчетов должно быть получено исходное значение $\alpha_k = \alpha_n$ (сторона хода ПП 34 – ПП 35).

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

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

$$\Delta X'_i = d_i \cdot \cos\alpha_i; \quad (4.7)$$

$$\Delta Y'_i = d_i \cdot \sin\alpha_i. \quad (4.8)$$

При вычислениях на инженерном калькуляторе $\Delta X'_i$ и $\Delta Y'_i$ величины α_i необходимо определять в градусах. Например, для стороны ПП 35 – ТТ 1 дан угол $\alpha = 180^\circ 56'$, определяем $\alpha = 56' / 60' + 180 = 180,95^\circ$, вносим в память калькулятора $x \rightarrow M$ и при $d = 120,00$ м получаем $\Delta X'_i = -119,98$ м; $\Delta Y'_i = -1,99$ м. Величины $\Delta X'_i$ и $\Delta Y'_i$ записывают в ведомость (см. табл. 4.1 графы 7 и 8) с округлением до 0,01 м и со знаком плюс или минус.

Определяют суммы вычисленных приращений координат $\Sigma\Delta X'$ и $\Sigma\Delta Y'$ (см. табл. 4.1).

Вычисляют теоретические значения сумм приращений координат:

$$\Sigma\Delta X_{\text{теор}} = X_k - X_n; \quad (4.9)$$

$$\Sigma\Delta Y_{\text{теор}} = Y_k - Y_n. \quad (4.10)$$

Невязки вычисленных приращений координат определяют в соответствии с формулами:

$$f_X = \Sigma\Delta X' - \Sigma\Delta X_{\text{теор}}; \quad (4.11)$$

$$f_Y = \Sigma \Delta Y' - \Sigma \Delta Y_{\text{теор}} \quad (4.12)$$

(например, в таблице $f_X = +0,09$ м; $f_Y = -0,15$ м).

Абсолютная невязка хода

$$f_s \text{ абс} = \sqrt{f_X^2 + f_Y^2}, \quad (4.13)$$

а ее допустимая величина будет иметь вид

$$f_s \text{ доп} = \frac{\Sigma d}{1000}, \quad (4.14)$$

т. е. одна тысячная от длины хода.

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

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

$$K_X = \frac{-f_X}{\Sigma d}; \quad (4.15)$$

$$K_Y = \frac{-f_Y}{\Sigma d}. \quad (4.16)$$

Затем определяются поправки пропорционально длине соответствующих сторон хода:

$$v_{X_i} = K_X \cdot d_i; \quad (4.17)$$

$$v_{Y_i} = K_Y \cdot d_i. \quad (4.18)$$

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

$$\Sigma v_{X_i} = -f_X; \quad (4.19)$$

$$\Sigma v_{Y_i} = -f_Y. \quad (4.20)$$

Полученные значения поправок записывают в графах 7 и 8 координатной ведомости над соответствующими значениями $\Delta X'_i$ и $\Delta Y'_i$.

Затем вычисляют уравненные приращения координат в соответствии с формулами:

$$\Delta X_i = \Delta X'_i + v_{X_i}; \quad (4.21)$$

$$\Delta Y_i = \Delta Y'_i + v_{Y_i} \quad (4.22)$$

и их значения записывают в графах 9 и 10 координатной ведомости (табл. 4.1).

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

$$\Sigma \Delta X = \Sigma \Delta X_{\text{теор}}; \quad (4.23)$$

$$\Sigma \Delta Y = \Sigma \Delta Y_{\text{теор}}. \quad (4.24)$$

Вычисление плановых координат пунктов хода. Координаты вершин теодолитного хода (графа 11 и 12 координатной ведомости) начинают последовательно рассчитывать от известных координат X_H , Y_H (ПП 35) начальной точки хода и заканчивают для контроля определением известных координат X_K , Y_K конечной точки (ПП 34). При этом координата каждой следующей точки хода равна сумме координаты предыдущей точки и уравненного приращения координат:

$$X_{i+1} = X_i + \Delta X_i; \quad (4.25)$$

$$Y_{i+1} = Y_i + \Delta Y_i. \quad (4.26)$$

4.3. Создание высотного обоснования туристического маршрута

Для составления топографического плана местности, на которой располагается туристический маршрут, необходимо знать абсолютные отметки точек. Для вычисления абсолютных отметок измеряют превышения по отношению к точке с известной абсолютной высотой. Превышения устанавливаются нивелированием.

С целью определения высот точек съемочного обоснования производится *техническое нивелирование* следующими способами:

- по точкам основного полигона – геометрическим;
- по точкам диагонального хода – тригонометрическим.

В состав работ по созданию высотного съемочного обоснования входит:

- измерение превышений между точками съемочного обоснования;
- привязка к пунктам высотной опорной геодезической сети;
- обработка результатов измерений.

Таблица 4.2

Журнал технического нивелирования по теодолитно-нивелирному ходу на участке тахеометрической съемки

Номер станции	Пикеты, реперы и промежуточные точки	Отсчеты по рейке, мм		Превышения h' , h'' , мм	Среднее превышение $h_{\text{ср}}$, мм	Абсолютные отметки H , м	Примечания
		задней З	передней П				
1	ПП 35	1244			-3	H_{35} 60,00	Пункт полигонометрии 35
		6031		-1652	-1650		
	ТТ 1		2896	-1648	-1653	58,347	
			7679				
2	ТТ 1	2990			-3	58,347	
		7773		1981	1982		
	Х 1		1009	1983	1979	60,326	
			5790				
3	Х 1	1546			-3	60,326	
		6331		1013	1011		
	ТТ 2		0533	1009	1008	61,334	
			5322				
4	ТТ 2	2428			-3	61,334	
		7213		1756	1755		
	Х 2		0672	1754	1752	63,086	
			5459				
5	Х 2	2696			-3	63,086	Пункт полигонометрии 34
		7482		1548	1547		
	ПП 34		1148	1546	1544	64,630	
			5936			H_{34} 64,63	

$$\Sigma Z = 45\ 734$$

$$\Sigma h_{\text{ср}} = 4645$$

$$\Sigma П = 36\ 444$$

$$\Sigma h_{\text{теор}} = H_{\text{кон}} - H_{\text{нач}} = H_{34} - H_{35} = 4630$$

$$\frac{(\Sigma Z - \Sigma П)}{2} = 4645$$

$$f_h = \Sigma h_{\text{ср}} - \Sigma h_{\text{теор}} = 15 \text{ мм}$$

$$f_{h_{\text{доп}}} = 10 \cdot \sqrt{n} = 22 \text{ мм}$$

Геометрическое нивелирование пунктов съемочного обоснования производится отдельными ходами. Оно осуществляется техническим нивелиром способом «из середины».

Отсчеты выполняются по рейкам, установленным на вбитые в землю колышки (точки съемочного обоснования). В том случае, если превышение между вершинами теодолитного хода невозможно определить с одной станции, выбирают «связующие» (иксовые) точки и производят последовательное нивелирование через них.

Последовательность работы на станции следующая:

- визируют на заднюю рейку и берут отсчет: пузырек цилиндрического уровня в момент отсчитывания должен находиться в «нуль-пункте», снимают отсчет по черной стороне рейки и записывают их в журнал;
- берут отсчет по красной стороне задней рейки;
- идентично снимают отсчет по черной стороне передней рейки;
- берут отсчет по красной стороне передней рейки.

Результаты измерений заносятся в журнал технического нивелирования (табл. 4.2).

При выполнении геометрического нивелирования должны соблюдаться следующие требования:

- расхождение между значениями превышений, полученными на станции, не должно быть более 5 мм;
- расстояния от нивелира до реек должны быть по возможности равными (расхождение не более 10 м) и не превышать 120 м.

4.4. Вычисление высотных координат пунктов съемочного обоснования

Вычислительная обработка данных нивелирования сводится к выполнению действий в следующей последовательности.

1. Рассчитывают и записывают превышения (h). Расчет превышений выполняется по формуле (3.8).

2. Выполняют постраничный контроль. Внизу каждой страницы записывают:

$\Sigma З$ – сумму всех величин отсчетов, указанных в графе «Отсчет по рейкам – задней»;

$\Sigma П$ – сумму всех величин отсчетов, приведенных в графе «Отсчет по рейкам – передней»;

$\Sigma h_{\text{ср}}$ – сумму всех вычисленных превышений с учетом знака, указанных в графе «Среднее превышение».

Для выполнения постраничного контроля вычисляется равенство

$$\frac{\Sigma \text{З} - \Sigma \text{П}}{2} = \Sigma h_{\text{ср}}. \quad (4.27)$$

Если равенство не соблюдается, то все величины ($\Sigma \text{З}$, $\Sigma \text{П}$ и $\Sigma h_{\text{ср}}$), необходимо проверить.

3. Из каталога координат пунктов геодезического полигона Негорельского учебно-опытного лесхоза в графу журнала «Отметки H » записывают высоты исходных пунктов полигонометрии ПП 34 и ПП 35.

4. Для проложенного хода определяют и указывают внизу страницы журнала фактическую невязку превышений и ее допустимую невязку в миллиметрах, которые вычисляются по формулам:

$$f_h = \Sigma h_{\text{ср}} - \Sigma h_{\text{теор}} = \Sigma h_{\text{ср}} - (H_{\text{кон}} - H_{\text{нач}}); \quad (4.28)$$

$$f_{h\text{доп}} = 10 \cdot \sqrt{n}, \quad (4.29)$$

где $H_{\text{кон}}$, $H_{\text{нач}}$ – отметки соответственно конечного и начального реперов, мм; n – число станций в ходе.

Для продолжения вычислений в журнале необходимо, чтобы между вычисленными невязками действовало неравенство

$$f_h \leq f_{h\text{доп}}. \quad (4.30)$$

Выполнение данного неравенства свидетельствует о том, что измерение превышений в ходе осуществлено с требуемой точностью и не превышает допустимого значения.

5. Уравнивают средние превышения. Суть данного этапа заключаются в том, что величины средних превышений исправляются поправками, которые устраняют фактическую невязку. Для этого сначала определяют предварительную среднюю величину поправок:

$$v_{h,i} = \frac{-f_h}{n}, \quad (4.31)$$

причем знак поправки должен быть противоположным знаку невязки.

Затем отдельные поправки $v_{h,i}$ записывают над значениями $h_{\text{ср}}$ в журнале нивелирования с тремя условиями:

- уравненные превышения не должны содержать доли миллиметра;
- по величине поправки $v_{h,i}$ могут различаться до 1–2 мм;

– сумма поправок должна равняться невязке с обратным знаком, т. е.

$$\sum v_{h,i} = -f_h. \quad (4.32)$$

Уравненные превышения рассчитывают по формуле

$$h_i = h_{\text{сп},i} + v_{h,i}. \quad (4.33)$$

6. Вычисляют отметки H связующих точек:

$$H_{i+1} = H_i + h_i. \quad (4.34)$$

При выполнении вычислений уравненные превышения учитывают в метрах, при этом отметка H_{i+1} следующей по ходу точки равна отметке предыдущей H_i точки плюс уравненное превышение h_i между ними.

Определение отметок связующих точек осуществляется с контролем по отметке конечного репера хода. При невыполнении контроля возможны ошибки при вычислении отметок связующих точек в величине и знаке поправок $v_{h,i}$, в вычислении уравненных превышений h_i .

4.5. Тахеометрическая съемка туристического маршрута

Тахеометрия означает скороизмерение (быстрая съемка). Эта съемка обеспечивает получение топографического плана в короткие сроки с точностью, которая оказывается достаточной при решении многих инженерно-геодезических и строительных задач.

При тахеометрической съемке выделяют два вида точек: *станция* – точка съемочного обоснования, над которой центрируется прибор, используемый для тахеометрической съемки; *речная точка (съемочный пикет)* – точка, предназначенная для съемки ситуации и рельефа местности, на которую устанавливают тахеометрическую или нивелирную рейку.

Особенно важное значение при тахеометрической съемке имеет правильный выбор пикетов. С каждой станции хода полярным способом снимают речные точки; при этом вначале определяют те из них, по которым можно построить на плане контуры (рис. 4.3, а) ситуации (контурные точки), потом снимают высотные точки (рис. 4.3, б), необходимые для изображения рельефа горизонталями (рельефные точки).

Речных точек должно быть взято в таком количестве, и они должны быть расположены с таким расчетом (рис. 4.3), чтобы набранные отметки вполне охарактеризовали рельеф снятой местности и чтобы по этим отметкам точек можно было вычислить отметку любой другой точки местности, на которой рейка не ставилась. Поэтому пикеты должны быть выбраны настолько близко друг к другу, чтобы местность между парой соседних пикетов имела постоянный уклон (без перегибов).

Пикеты должны быть расположены по всем характерным линиям рельефа местности, составляющим его остов: по тальвегам, водоразделам, основным направлениям и т. д.

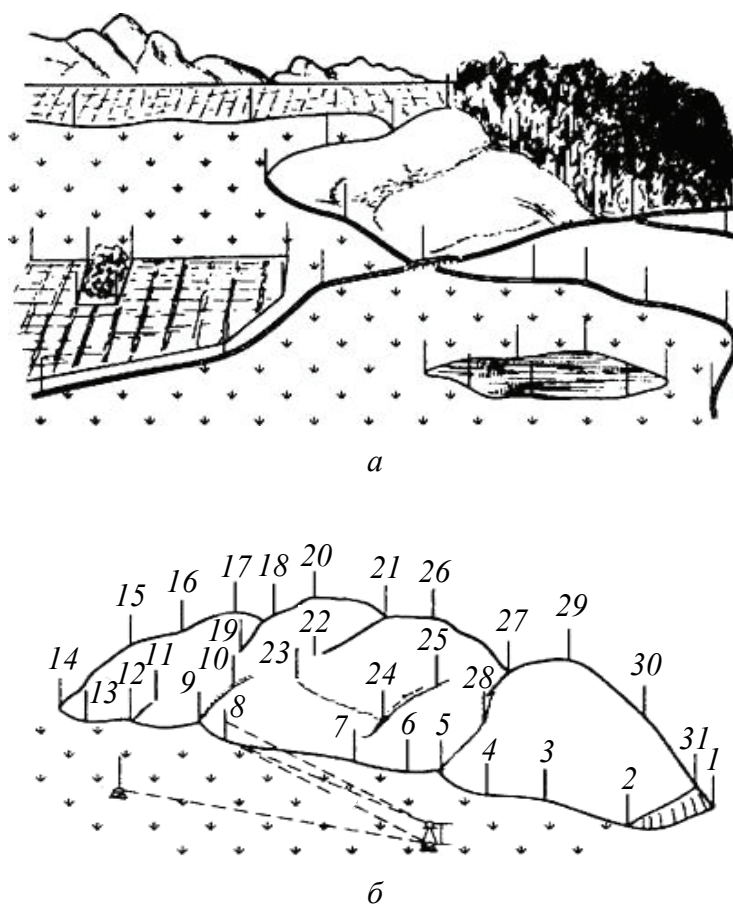


Рис. 4.3. Схематическое расположение речных точек:
а – контурных; *б* – высотных (1–31)

Пикеты берутся на всех вершинах холмов, на дне впадин, по подошве холмов и впадин, по бровкам оврагов, террас и т. д.

Одновременно пикеты должны дать возможность изобразить существенные контуры местности: реки, дороги, границу леса, здания и т. д.

Очень важным является вопрос о степени густоты пикетов. Она зависит, прежде всего, от характера рельефа. Сложный, сильно расчлененный рельеф требует пикетов гораздо больше, чем спокойный. Однако при всей сложности рельефа нужно знать чувство меры и учитывать масштаб плана. Желательно, чтобы на 1 см^2 плана было не больше 4–5 пикетов даже при очень трудном рельефе. При среднем рельефе на 1 см^2 достаточно одного пикета, а при легком рельефе – еще реже.

Густота речных точек определяется сложностью ситуации и рельефа, но предельные расстояния между ними не должны быть больше, например, при масштабе $1 : 500$ – 15 м.

При организации работ следует иметь в виду, что размещение реек по пикетам является важным моментом работы. За него отвечает бригадир, лично руководя расстановкой студентов бригады с рейками (реечников), давая соответствующие указания.

При этом в расстановке реек должна быть определенная продуманная система. Так, рейку можно направить по дороге, по тальвегу, по бровке оврага или террасы, по водоразделу, по гребню, по берегу реки и т. д. (возможна и иная система).

На измерительные действия, связанные со съемкой одного пикета, уходит около одной минуты (на близкие пикеты меньше).

При съемке, рассчитанной на крупный масштаб, расстояние между соседними пикетами должно быть весьма незначительно, особенно при наличии сложного рельефа.

В таком случае на переходы от пикета к пикету времени нужно немного, и поэтому при съемке вполне достаточно двух реек. В некоторых случаях хватает одной рейки.

Наоборот, при более мелком масштабе полезно бывает число реек увеличивать до четырех и более для ускорения работы.

В процессе съемки бригадир расставляет реечников, сам производит некоторые работы по определению положения точек, лежащих вблизи выставленной рейки, и делает различные промеры, например, определение ширины дороги, ручья, насыпей или валов, высоты некоторых предметов над землей и т. д.

При тахеометрической съемке ведется журнал, в котором указываются результаты измерения горизонтальных и вертикальных углов, расстояний и превышений между точками съемочного обоснования и на каждой станции добавляются результаты наблюдений пикетов. В графе примечаний делаются зарисовки и пометки, характеризующие снимаемую местность.

Образец журнала тахеометрической съемки представлен в п. 4.5.1 (см. на с. 54).

В течение каждого дня полевой работы набирается множество пикетов, снятых одним теодолитом (в практике зарегистрировано до 600 пикетов в день). Поэтому одних пометок, сделанных в тахеометрическом журнале, недостаточно для полной характеристики той местности, на которой были взяты пикеты. В таком случае одновременно с тахеометрическими журналами составляется специальный чертеж, на котором изображаются основные черты снимаемой местности с показанием всех взятых пикетов. Такой чертеж, составляемый на глаз в довольно крупном масштабе, называется *кроки*. Кроки ведется или на отдельных для каждой станции листах, или на общем листе. На кроки показывается соответствующая часть тахеометрического хода.

Существуют разные формы ведения кроки. В одной из них (рис. 4.4) показываются стрелками направления покатости, причем, как правило, при помощи этих линий вся местность покрывается сетью треугольников; в пределах каждого из них покатость можно принимать за плоскость. Эти линии будут играть существенную роль при проведении горизонталей на плане.

На характерных местах (оврагах, хребтах, холмах, впадинах, седловинах и т. д.) показывается, какую примерно форму должны иметь в этом месте горизонталы (рис. 4.4). Такая форма кроки является довольно удобной для последующих камеральных работ, но она требует опытного исполнителя.

Для контроля работ при съемке нужен учет всего числа поставленных пикетов. Важно помнить, что номера или обозначения реечных точек по всем станциям тахеометрического хода не должны повторяться. Поэтому предпочтительно делать **сквозную нумерацию**, что уменьшает путаницу в процессе составления плана участка. Сквозная нумерация должна быть совмещенной для реечных точек рельефа и ситуации, т. е. если на первой станции взяли 17 пикетов (реечных точек), то на второй станции начинают с 18-го пикета, причем в этом случае и в тахеометрическом журнале, и в кроки подчеркивают номер последнего пикета, взятого на каждой станции. Для того чтобы не спутать на кроки и плане, какой пикет с какой станции взят, нужно начинать на каждой станции расстановку пикетов с задней станции по ходу части территории, расположенной вокруг станции. Также можно обозначать пикеты поочередно: на одной станции – арабскими цифрами, на следующей станции – латинскими буквами.

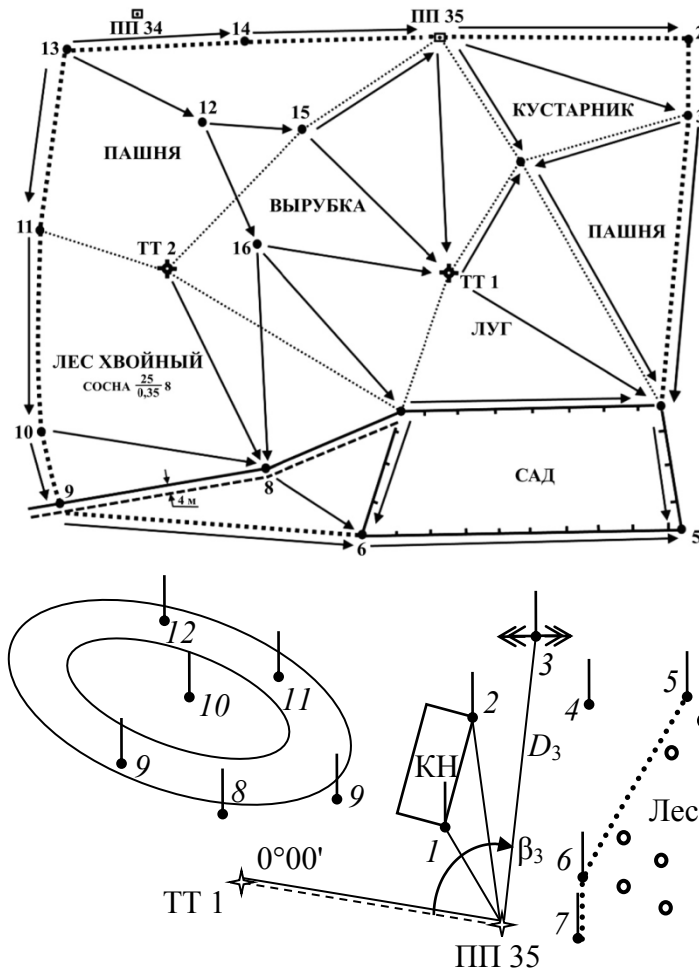


Рис. 4.4. Кроки (абрисы) тахеометрической съемки (с указанием направления скатов):
1–17 – пикеты

Пикеты, имеющие особенно важное значение, нужно определять методом двойных измерений. Некоторые пикеты, находящиеся на границе двух областей, снимаемых с двух соседних станций, полезно снимать для контроля и с той, и с другой станции.

Нумерацию пикетов необходимо все время сверять. Обязательной должна быть поверка каждого 10-го, 20-го и т. д. пикетов. При всяком сомнении, а также при съемке особо важных пикетов следует делать сверку с визированием на пикет и при окончании работ на станции.

При большом числе пикетов, приходящемся на одну станцию, следует время от времени проверять ориентировку лимба. Прежде чем снимать инструмент со станции, необходимо сверить составленный кроки с тахеометрическим журналом, в котором должны быть сделаны к этому времени все нужные подсчеты, вплоть до предварительных

значений превышений. Визуально сопоставляя кроки с местностью и расставленными пикетами, бригадир сравнивает превышения, вычисленные в журнале, с действительностью и кроки в целях выявления грубых промахов, если таковые имели место в процессе работы. Лишь после этого осуществляется переход на следующую станцию.

Только при этих условиях удастся избежать необходимости часто возвращаться с инструментом на станцию и повторения работ.

4.5.1. Порядок работы на станции тахеометрической съемки

Последовательность работ на станции при проведении тахеометрической съемки (рис. 4.5):

1. Устанавливают прибор (тахеометр, теодолит) над станцией в рабочее положение (центрируют его над точкой станции, горизонтируют и устанавливают зрительную трубу для наблюдений).

Центрированием называются действия, в результате которых центр лимба горизонтального круга совмещается с отвесной линией, проходящей через точку стояния прибора. Центрирование может быть выполнено с помощью нитяного отвеса либо оптического центрира.

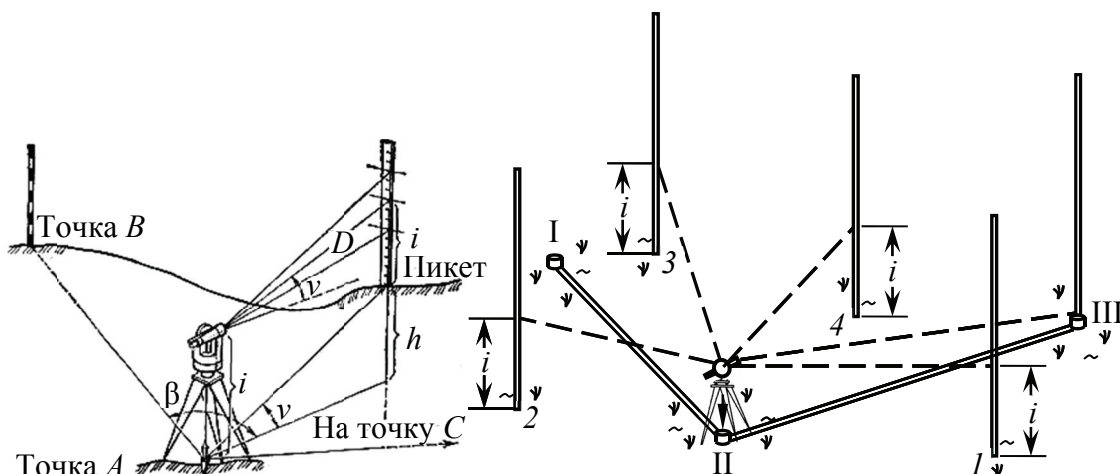


Рис. 4.5. Работы на станции при проведении тахеометрической съемки:
1, 2, 3, 4 – реечные точки; I, II, III – станции тахеометрической съемки

При центрировании теодолита с помощью нитяного отвеса штатив устанавливается так, чтобы отвес оказался приблизительно над точкой, а головка штатива была примерно горизонтальна. Затем, ослабив становой винт, теодолит перемещают по головке штатива до положения, когда острие отвеса будет находиться над центром точки; после этого становой винт закрепляют. При центрировании с помощью оптического центрира теодолит перемещают по головке штатива

до тех пор, пока в поле зрения центрира центр точки (например, шляпки гвоздя в торце колышка) не совпадет с центром сетки нитей.

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

Установка зрительной трубы для наблюдений включает в себя установку трубы и отсчетного микроскопа по глазу наблюдателя и по предмету, т. е. фокусирование трубы по наблюдаемой цели.

2. Измеряют высоту прибора (i) с точностью до ± 5 мм и отмечают на двух рейках и записывают в журнал (табл. 4.3).

Таблица 4.3

Журнал тахеометрической съемки

(приборы: теодолит 2Т30П, нивелирная рейка РНТ)

«__» _____ 20 __ г. Станция _____ Ориентирование на _____
 КП = _____ КЛ = _____ МО = _____
 Круг _____ i = _____ $H_{ст}$ = _____

Номер точки	Высота наведения v	Дальность номер D , м	К р у г	Отсчеты по кругу		Угол наклона $\pm v$	Горизонтальное проложение d , м	Превышение, м			Отметки съёмочных пикетов, $H_{сп}$, м	Горизонтальные углы β
				горизонтальному (ГК)	вертикальному (ВК)			$\pm h'$	$i - v$	$\pm h = h' + i - v$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
СТАНЦИЯ ПП 35 Ориентирование на ПП 34												
$i = 1,40$ м				МО = $0^{\circ}01'$				$H_{ст} = 60,00$				
ПП 34	1,40	–	П	178°44'	–0°31'	–	–	–	–	–	–	
ТТ 1	»	120,0	П	93°43'	0°49''	–	–	–	–	–	–	$\beta' = 85^{\circ}01'$
ПП 34	»	–	Л	0°00'	0°33'	–	–	–	–	–	–	$\beta'' = 85^{\circ}00'$
ТТ 1	»	120,0	Л	272°00'	–0°47'	–0°48'	120,0	–1,68	0	–1,68	58,32	$\beta_1 = 85^{\circ}0,5'$
СТАНЦИЯ ТТ 1 Ориентирование на ПП 35												
$i = 1,35$ м				МО = $0^{\circ}01'$				$H_{ст} = 58,32$				
ПП 35	1,35	120,0	П	182°56'	–0°47'	–	–	–	–	–	–	
ТТ 2	»	110,7	П	105°37'	–1°32'	–	–	–	–	–	–	$\beta' = 77^{\circ}19'$
ПП 35	»	120,0	Л	0°00'	0°49'	0°48'	120,0	1,68	0	1,68	–	$\beta'' = 77^{\circ}17'$
ТТ 2	»	110,7	Л	282°43'	1°34'	1°33'	110,7	3,00	0	3,00	–	$\beta_2 = 77^{\circ}18'$
1	»	63,1	Л	38°36'	–1°14'	–1°15'	63,1	–1,38	0	–1,38	56,94	
2	»	169,9	Л	45°14'	0°19'	0°18'	169,9	0,89	0	0,89	59,21	
3	»	149,3	Л	59°04'	0°21'	0°20'	149,3	0,87	0	0,87	59,19	
4	»	101,5	Л	104°30'	–1°45'	–1°46'	101,4	–3,13	0	–3,13	55,19	
5	»	135,0	Л	119°30'	–1°46'	–1°47'	134,9	–4,20	0	–4,20	54,12	
6	»	93,8	Л	210°20'	–1°23'	–1°24'	93,7	–2,29	0	–2,29	56,03	
7	»	46,4	Л	226°20'	0°35'	0°34'	46,4	0,46	0	0,46	58,78	
8	»	91,5	Л	233°30'	–0°01'	–0°02'	91,5	–0,05	0	–0,05	58,27	

Высота прибора – это вертикальное расстояние от верха колышка до оси вращения зрительной трубы тахеометра.

3. Устанавливают вешку на вершине (точке) задней станции.

Если требуется измерить горизонтальный угол и превышение методом тригонометрического нивелирования, то нужно установить рейки на заднюю и переднюю точки станции. При положении теодолита круг право (КП) наводят зрительную трубу последовательно на заднюю и переднюю точки, где установлены рейки, и делают отсчеты по дальномеру, горизонтальному и вертикальному кругам. Средний (горизонтальный) штрих сетки нитей зрительной трубы наводят на высоту прибора i , отмеченного на рейке. Результаты заносятся в журнал.

Далее переводят зрительную трубу через зенит, устанавливают его в положение круг лево (КЛ) и наводят визирную ось зрительной трубы на переднюю и заднюю точку хода, с установленными на них рейками. Повторяют те же операции, что и при круге право (КП), т. е. наводят средний (горизонтальный) штрих сетки нитей зрительной трубы на высоту прибора i , отмеченного на рейке, и после этого производят отсчеты и записывают их в журнал.

4. Совмещают нуль на горизонтальном круге (ориентирование) теодолита-тахеометра. Ориентирование заключается в том, что ноль лимба располагают по направлению на заднюю или переднюю точку хода (чаще всего в качестве ориентира выбирают заднюю станцию), т. е. выбирают соответствующее направление полярной оси.

Для этого ориентируют лимб на одну из станций хода (заднюю), т. е. устанавливают отсчет $0^{\circ}00'$ по горизонтальному кругу при визировании на вешку на станции. Крепят лимб с алидадой, отпустив закрепительный винт лимба и вращая прибор так, чтобы отсчет $0^{\circ}00'$ по горизонтальному кругу был при визировании на вешку, а потом зажимают закрепительный винт лимба.

5. Определяют место нуля (МО) вертикального круга. Место нуля – отсчет по вертикальному кругу при горизонтальном положении визирной оси зрительной трубы и оси цилиндрического уровня при вертикальном круге. В хорошо отъюстированном теодолите МО близко или равно $0^{\circ}00'$ и может приниматься равным 360° .

Для определения места нуля наводят средний (горизонтальный) штрих сетки нитей зрительной трубы на высоту прибора i , отмеченного на рейке или на любую точку, установленную приблизительно на высоте прибора. Снимают отсчеты по вертикальному кругу при визировании

зрительной трубы теодолита на эту (одну и ту же) точку при положении КП и КЛ и записывают их в журнал.

6. Составляют абрис (кроки) местности. Намечают все реечные точки (контурные и высотные), наносят станцию, линию ориентирования, контуры местных объектов, характерные линии рельефа и соединяют стрелками точки, между которыми необходимо производить интерполяцию при построении горизонталей (рис. 4.4). Абрис рисуют в журнале или на отдельном листе.

7. Приступают к съемке ситуации и рельефа. Все измерения по реечным точкам выполняются при круге лево:

– посылают реечника на характерные точки контуров и рельефа, где он ставит рейки. При положении теодолита круг лево КЛ и ориентированном лимбе вращением алидады последовательно наводят зрительную трубу на реечные точки, при этом средний (горизонтальный) штрих сетки нитей зрительной трубы наводят на высоту прибора i , отмеченную на рейке, делают отсчеты по дальномеру, горизонтальному и вертикальному кругам и записывают их в журнал.

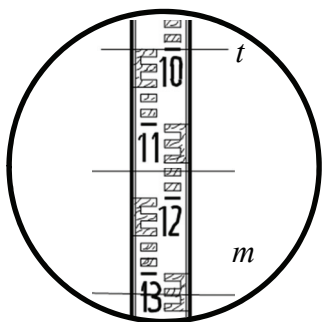


Рис. 4.6. Нитяной дальнономер

Для упрощения снятия отсчетов по дальномеру, верхний дальномерный штрих t совмещают с делением шкалы 10 дм, т. е. отсчет $t = 100,0$ см (рис. 4.6); при этом отсчет по нижнему дальномерному штриху $m = 132,8$ см. В нашем примере база дальномера составляет: $b = m - t = 132,8 - 100,0 = 32,8$ см. При коэффициенте дальномера, равном 100, расстояние по дальномеру – 32,8 м.

При невозможности визирования на высоту прибора, отмеченную на рейке (например, из-за густой растительности), можно визировать на любую высоту на рейке, называемую высотой наведения v . Но при этом данная высота наведения заносится в журнал;

– после каждых 10 измерений (и по окончании всех измерений на станции) по реечным точкам на станции проверяют ориентирование прибора на заднюю станцию. Для этого зрительную трубу прибора вновь наводят на заднюю точку хода, чтобы проверить ориентирование лимба прибора, и определяют отсчет по горизонтальному кругу. Если отсчет отличается от начального значения ($0^{\circ}00'$) более чем на $5'$, съемку на этой станции переделывают. Для контроля на каждой станции определяют несколько пикетов на полосе съемки ее смежной станции.

8. Камеральная обработка. Камеральная обработка геодезических данных заключается в математической обработке полученных полевых измерений. Перед проведением камеральных работ руководитель практики проверяет заполнение полевых журналов. Записи в полевых журналах проводятся простым карандашом. *Ошибочная запись зачеркивается, правильное значение подписывается сверху.* Здесь же на станции вычисляют МО вертикального круга, углы наклона линии визирования v , превышения h и горизонтальные проложения d .

Результаты измерений заносятся в журнал тахеометрической съемки (табл. 4.3).

4.5.2. Вычислительная обработка журнала тахеометрической съемки

Вычислительная обработка журнала тахеометрической съемки осуществляется в следующей последовательности: вычисление горизонтальных углов между сторонами опорного теодолитного хода; углов наклона; превышений и горизонтальных проложений; отметок съемочных пикетов.

Вычисление горизонтальных углов. В столбце 5 журнала тахеометрической съемки (табл. 4.3) приведены значения отсчетов по горизонтальному кругу для направлений на задний и передний по ходу пункты съемочного обоснования. Например, при установке теодолита над пунктом ПП 35 (станция ПП 35) при визировании на заднюю точку ПП 34 при положении вертикального круга КП (первая строка на станции ПП 35) отсчет по горизонтальному кругу $Z = 178^{\circ}44'$, а при визировании на переднюю точку ТТ 1 отсчет $\Pi = 93^{\circ}43'$. Горизонтальный угол вычисляется по формуле (3.2).

При полуприеме КП $\beta'_1 = 88^{\circ}01'$ (результат записывается в столбце 13 табл. 4.3).

При втором полуприеме, выполняемом при положении КЛ, получены отсчеты $Z = 0^{\circ}00'$ и $\Pi = 272^{\circ}00'$. Горизонтальный угол вычисляется по формуле (3.2). Второе значение угла на станции ПП 35 $\beta''_1 = 88^{\circ}00'$ (результат записывается в столбце 13 табл. 4.3).

При измерении горизонтальных углов между сторонами планово-съемочного обоснования при тахеометрической съемке требования к точности вычисления углов такие же, как и при проведении теодолитной съемки, допустимое расхождение между измеренными значениями горизонтальных углов не должно составлять более $2t$, где t – точность отсчетного приспособления. Тахеометрическую съемку в нашем

случае проводят с помощью теодолита 2Т30П: $t = 1'$. Расхождение между полуприемами на станции ПП 35 составляет $\Delta = \beta'_1 - \beta''_1 = 1'$, допустимое расхождение выполняется.

На станции ПП 35 вычисляют среднее значение горизонтального угла как среднеарифметическое между двумя полуприемами: $\beta_1 = 88^\circ 00,5'$, оно принимается за результат измерения и его записывают в столбце 13 табл. 4.3.

Аналогично вычисляются углы β_2 , β_3 и β_i в вершинах планово-съёмочного обоснования.

Вычисление углов наклона. Для каждой станции после центрирования и горизонтирования прибора вычисляют место нуля вертикального круга. Формулы для вычисления МО зависят от угловой длины рабочей шкалы вертикального круга теодолита. Угловая шкала на вертикальном круге может быть круговой – деления подписаны от 0 до 360° (теодолит Т30), или секторной – от 0 до $+90^\circ$ и от 0 до -90° (теодолиты 2Т30, 2Т30П).

Для теодолита 2Т30 (2Т30П) МО вычисляют по формуле (3.3).

Значение МО записывают в подзаголовке станции.

Угол наклона вычисляют по формуле (3.4).

Вычисленное значение угла наклона указывается в столбце 7 табл. 4.3 со знаком «+» или «-».

Вычисление превышений и горизонтальных проложений. Если наклонное расстояние D измерено нитяным дальномером, как в нашем случае, то горизонтальное проложение d и превышения h вычисляют по формулам:

$$d = D \cdot \cos^2 v; \quad (4.35)$$

$$h' = d \cdot \operatorname{tg} v; \quad (4.36)$$

$$h = h' + (i - v), \quad (4.37)$$

где d – горизонтальное проложение, м; D – наклонное расстояние от станции до рейки, определенное по нитяному дальномеру, м; v – угол наклона, $^\circ$; h – превышение, м; i – высота прибора на станции, м; v – высота наведения, т. е. отсчет по рейке, на которую наводился центр сетки нитей зрительной трубы теодолита для того, чтобы снять отсчеты по горизонтальному и вертикальному кругам, м.

Вычисления можно выполнять при помощи инженерного калькулятора или персонального компьютера.

Результаты вычислений d , h' , h округляют до 0,01 м.

Значение d записывается в журнале тахеометрической съемки (табл. 4.3) в столбце 8, величина h' – в столбце 9, разность $i - v$ (высота прибора минус высота наведения) – в столбце 10, превышение h – в столбце 11.

Вычисление отметок съёмочных пикетов. Найденные отметки пунктов съёмочного обоснования (станций) $H_{ст}$ (см. табл. 4.2 на с. 44) необходимо занести в журнал тахеометрической съемки в отведенные для этого строки « $H_{ст} = \underline{\hspace{2cm}}$ », а отметки $H_{сп}$ съёмочных пикетов записать в столбце 12, вычислив их по формуле

$$H_{сп\ i} = H_{ст} + h_i, \quad (4.38)$$

где $H_{ст}$ – отметка данной станции, м; h_i – полученное с этой станции превышение на съёмочный пикет с номером i , записанное в столбце 11 журнала тахеометрической съемки (табл. 4.3).

4.6. Составление топографического плана

Топографический план туристического маршрута строится в два этапа – соответственно двум этапам выполнения полевых работ:

1) вычерчивается геодезическая основа (пункты государственной геодезической сети), пункты геодезического сгущения и пункты съёмочного обоснования по их прямоугольным координатам;

2) отображается ситуация, т. е. наносятся пикеты в местной системе полярных координат и рисуются контуры наземных объектов и горизонтали – рельеф.

Нанесение координатной сетки. Для составления плана используется ватман формата А1, на который при помощи линейки Дробышева наносится координатная сетка. Координатная сетка вычерчивается квадратами 10×10 см общим размером 50×50 см (в зависимости от величины и формы участка, а также выбранного масштаба могут применяться другие размеры). Применяют линейку Дробышева (рис. 4.7), используя свойства прямоугольного треугольника с отношением сторон 3 : 4 : 5.

Координатную сетку оцифровывают для плана выбранного масштаба так, чтобы пункты съёмочного обоснования разместились в пределах координатной сетки. При этом в зависимости от размера и формы участка могут использоваться разные масштабы, как правило, в пределах 1 : 500 – 1 : 5000.

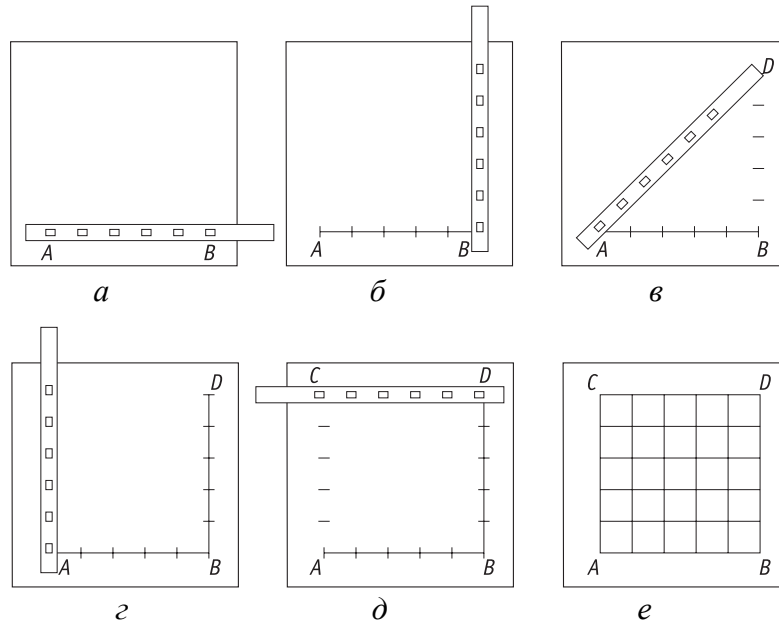


Рис. 4.7. Нанесение координатной сетки линейкой Дробышева:
a – построение первой линии; *б* – построение второй линии;
в – контроль перпендикулярности линий; *г* – построение третьей линии;
д – построение четвертой линии; *e* – координатная сетка

После разбивки координатной сетки наносят пункты теодолитного хода, согласно их вычисленным координатам. Для этого вначале определяется квадрат координатной сетки, в который попадает та или иная точка теодолитного хода, рассчитываются приращения координат относительно юго-западной вершины этого квадрата, после чего в соответствии с данными приращениями точка наносится на план.

Правильность их положения проверяется измерением на плане длин сторон между нанесенными пунктами планово-съёмочного обоснования. Данные для проверки выбираются из столбца 6 табл. 4.1 на с. 39. Допустимая погрешность длины составляет 0,5–0,8 мм. Пример координатной сетки для масштаба 1 : 1000 и расположения пунктов съёмочного обоснования приведены на рис. 4.8.

Нанесение съёмочных пикетов и прочерчивание контуров объектов местности. Съёмочные пикетные точки наносят на план с помощью геодезического транспорта ТГ-1, циркуля-измерителя, масштабной линейки ЛМП-1 или тахеографа по их полярным координатам, записанным в журнале тахеометрической съёмки (табл. 4.3) – на основании отсчета по горизонтальному кругу (столбец 5) и горизонтальному проложению *d* (столбец 8).

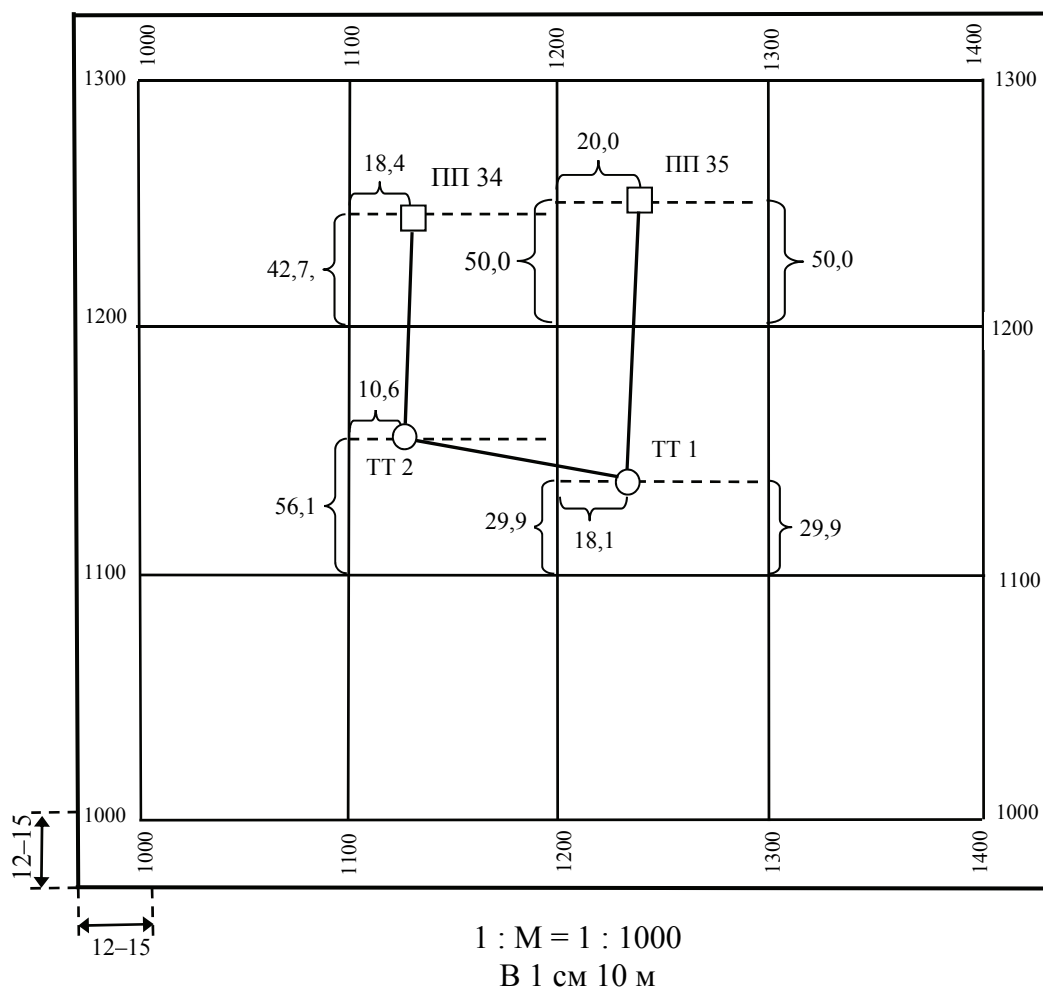


Рис. 4.8. Нанесение точек по их координатам

Как показано на рис. 4.8, для станции ТТ 1 полярная ось представлена линией ТТ 1 – ПП 35. Это начальное направление указано также в журнале тахеометрической съемки для станции ТТ 1 записью «Ориентирование на ПП 35» и отсчетом горизонтального круга, равным $0^{\circ}00'$ (см. табл. 4.3, столбец 5), полученным при визировании на пункт ПП 35 в положении КЛ.

Транспорт ТТ-1 размещают на плане (рис. 4.9), совместив его центр с точкой ТТ 1, а нулевой штрих градусных делений направляют в сторону начала счета горизонтальных (полярных) углов по прочерченному направлению ТТ 1 – ПП 35. Не снимая транспорта, сначала слабыми штрихами отмечают направления на пикетные точки, записанные в столбце 5, подписывая номера этих направлений. Затем по этим направлениям от точки ТТ 1 откладывают в масштабе плана горизонтальные проложения d , записанные в столбце 8 табл. 4.3. Рядом

с полученными пикетными точками подписывают их отметки H (столбец 12 табл. 4.3) и, пользуясь абрисом, наносят на план контуры объектов местности, сверяясь также с примечаниями в журнале тахеометрической съемки.

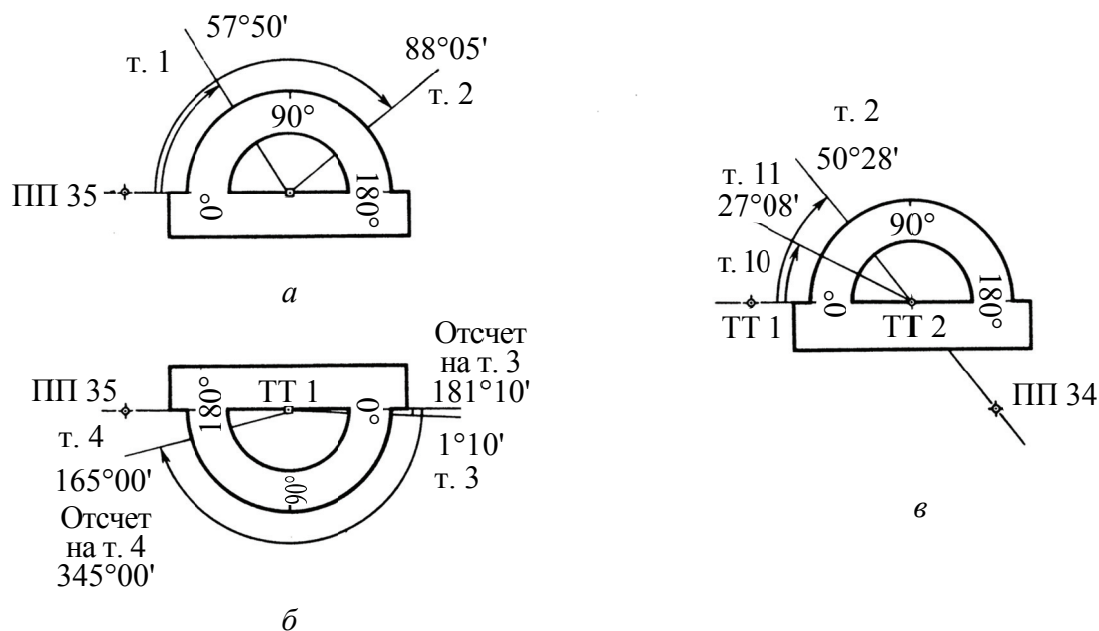


Рис. 4.9. Нанесение точек транспортиром ТГ-1:
 а – нанесение реечных точек на станции ТТ 1 при горизонтальных углах (0–180°); б – нанесение реечных точек на станции ТТ 1 при горизонтальных углах (180–360°);
 в – нанесение реечных точек на станции ТТ 2

Изображение рельефа. Рельеф земной поверхности изображается горизонталями с высотой сечения $h_c = 1$ м. Для облегчения работы необходимо вычертить палетку из параллельных линий, проведенных на листе прозрачной основы (восковки) через 1 см (рис. 4.10). Каждую линию подписывают отметками горизонталей снизу вверх. Наименьшее значение отметки берется по пикетным точкам или станциям.

Место горизонталей определяется между парами точек только по направлениям, указанным стрелками в абрисе.

Палетку кладут на план и находят следы горизонталей. Через следы одноименных горизонталей проводят плавные линии – искомые горизонтали (рис. 4.10, б).

Оформление топографического плана. Преподаватель проверяет составленный карандашом план (рис. 4.11), который после исправлений вычерчивается в соответствии с условными топографическими знаками [4].

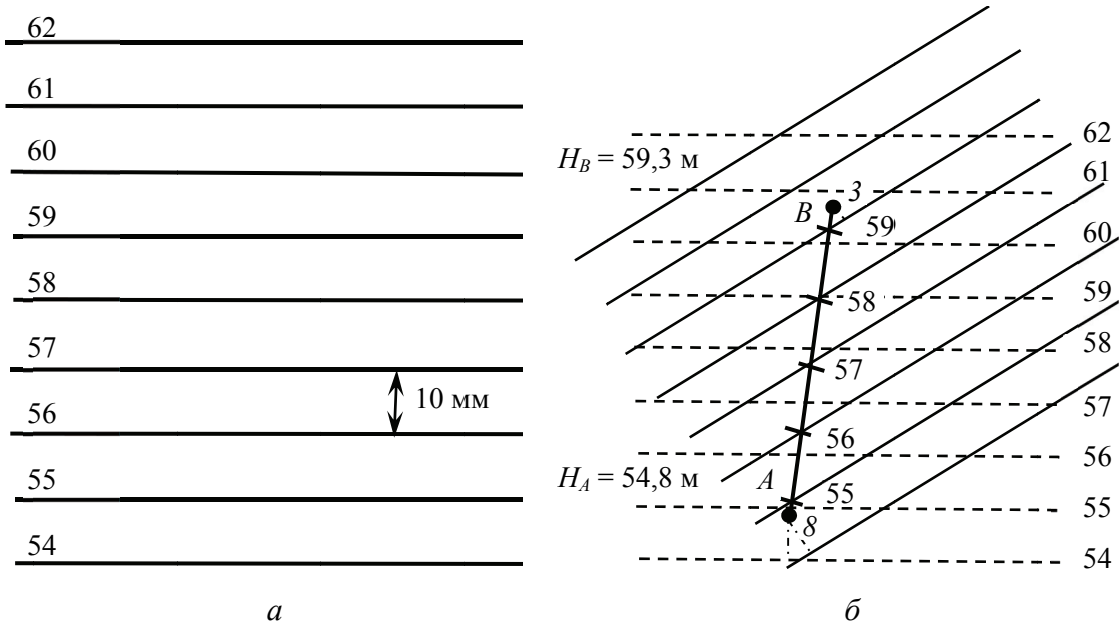
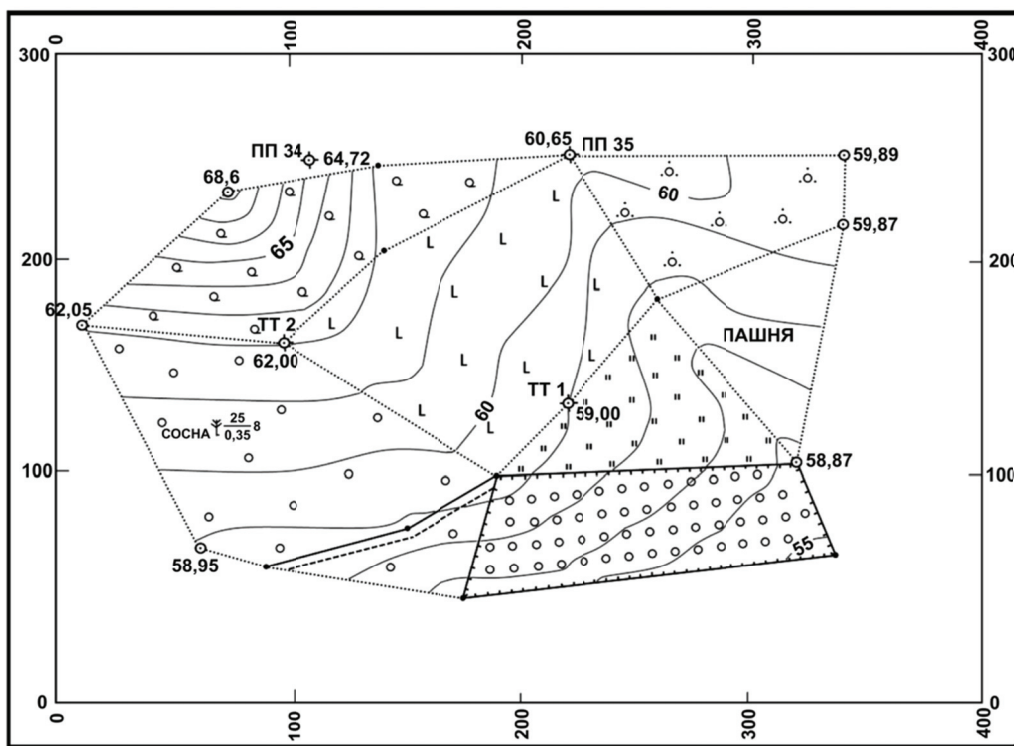


Рис. 4.10. Палетка из параллельных линий (а) и ее применение (б)

ПЛАН УЧАСТКА
(тахеометрическая съемка 20__ г.)



ЛХФ БГТУ

1 : M = 1 : 1000

Выполнила бригада _____

В 1 см 10 м

Высота сечения рельефа (h_c) 1 м

Рис. 4.11. Пример оформления топографического плана

Отметки подписывают черным цветом только для пунктов съемочного обоснования и характерных точек местности (вершин холмов, низких точек лощин, седловин). Коричневым цветом вычерчивают горизонтали и цифровые значения их высоты. Каждую пятую горизонталь утолщают до 0,3 мм при толщине остальных горизонталей 0,10–0,15 мм.

В разрыве некоторых горизонталей в 4–5 местах плана подписывают их отметки, а основание цифр располагают в сторону понижения рельефа. Бергштрихи длиной не более 1 мм направляют также в сторону понижения рельефа. Всего вычерчивают 8–10 бергштрихов для выделения вершин возвышенных мест и показа наиболее низких мест в лощинах.

5. БУССОЛЬНАЯ СЪЕМКА

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

5.1. Определение склонения магнитной стрелки

При проведении измерений буссолью в полевых условиях перед началом работ обязательно определяется угол δ – склонение магнитной стрелки.

В зоне № 5 зональной системы прямоугольных координат (проекция Гаусса – Крюгера) географическая долгота осевого меридиана $\lambda_0 = 27^\circ$, а средняя долгота Негорельского геодезического полигона $\lambda_{\text{п}} = 27^\circ 03'$. Соответственно угол сближения меридианов равен $+2,4'$. Данная величина мала в сравнении с погрешностями определения магнитного азимута ($5-15'$) и не учитывается в работах по установлению склонения магнитной стрелки.

До начала буссольных работ обязательно определяется склонение магнитной стрелки. Представляет собой горизонтальный угол между осью магнитной стрелки и осью абсцисс той системы координат, в которой составлен лесоустроительный планшет.

Склонение магнитной стрелки можно определить по формуле зависимости между дирекционным углом и магнитным азимутом. Величина склонения изменчива и за год меняется приблизительно на $\pm 8'$. Данную величину можно также определить с использованием интернета, например, на сайтах <http://www.geosats.com/magdecli.html> или <http://www.magnetic-declination.com> она равна $+7^\circ 26'$ для пос. Городище в 2016 г.

5.2. Проложение буссольного хода на местности

Буссольный ход необходимо прокладывать между пунктами с известными координатами. Если поблизости нет исходных пунктов, то начальный и конечный пункты буссольного хода привязывают промерами к пунктам пересечения квартальных просек. Измерения следует выполнять до пересечения осей просек.

При буссольной съемке применяется *метод обхода* по границе контура.

Прокладку буссольного хода начинают с обозначения вехами и кольями граничных точек.

Буссоль устанавливают над точкой хода на специальном деревянном штативе. Центрируют с точностью 0,03–0,05 м, горизонтируют на глаз.

Магнитную стрелку опускают на шпиль только на время измерений. С помощью буссоли могут измеряться прямые и обратные магнитные азимуты каждой стороны хода или горизонтальные углы между сторонами прокладываемого хода.

Буссоль устанавливают над каждой вершиной, на соседних (задней и передней) точках хода устанавливают вехи.

Длины сторон измеряют землемерной лентой или рулеткой с точностью до 0,1 м.

Результаты измерений заносятся в журнал буссольной съемки (таблица). Форма журнала буссольной съемки зависит от измеряемых угловых величин.

Параллельно с измерениями ведется абрис (таблица).

Правильность угловых измерений контролируют по сходимости прямого и обратного азимутов, а также по величине угловой невязки в полигоне. Отклонение обратного азимута от прямого допускается на величину не более $\pm 30'$ (сверх 180°).

Угловая невязка f_β в полигоне представляет собой отклонение практической суммы $\sum \beta_{\text{изм}}$ углов от ее теоретического значения $\sum \beta_{\text{теор}}$, т. е. $f_\beta = \sum \beta_{\text{изм}} - \sum \beta_{\text{теор}}$. Практическую сумму углов замкнутого буссольного хода получают из результатов измерения внутренних углов, а теоретическую подсчитывают по известной геометрической формуле $\sum \beta_{\text{теор}} = 180^\circ \cdot (n - 2)$, в которой n – число углов многоугольника. Допустимая угловая невязка – не более $\pm 2't \cdot \sqrt{n}$, где t – точность снятия отсчетов по лимбу.

Журнал буссольной съемки

Номер вершины	Измеренные азимуты или румбы		Прямой средний азимут или румб	Измеренная длина линии, м	Абрис
	прямые ° '	обратные ° '			
1	13° 00' (СВ:13° 00')	193° 30' (ЮЗ:13°30')	13° 15' (СВ:13°15')	57,1	
2	84° 00' (СВ: 84° 00')	264° 00' (ЮЗ:84°00')	84° 00' (СВ: 84° 00')	57,0	
и т. д.					

5.3. Нанесение буссольного хода на план

В зависимости от измеряемых при проведении буссольной съемки величин, буссольные ходы могут наноситься по горизонтальным или дирекционным углам, магнитным азимутам и румбам. Конкретный способ устанавливается руководителем практики в зависимости от условий проведения съемки.

На плане отмечают первый и последний пункты буссольного хода в соответствии с данными их привязки к пунктам теодолитного хода. Используя транспортир и данные журнала буссольной съемки, на плане строят дирекционный (горизонтальный) угол первой стороны хода 1–2. По полученному направлению в масштабе плана откладывают длину линии 1–2 и получают на планшете точку 2'.

Аналогично строят дирекционные углы остальных сторон хода, по которым откладывают их длины. В конце построений на планшете получают дважды положение последней точки хода b и b' . Отклонение точки b' от точки b на планшете называется графической невязкой (рис. 5.1).

Допустимая величина графической невязки f_s , мм, определяется по формуле

$$f_s = \frac{\sum d_{\text{п}}}{100}. \quad (5.1)$$

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

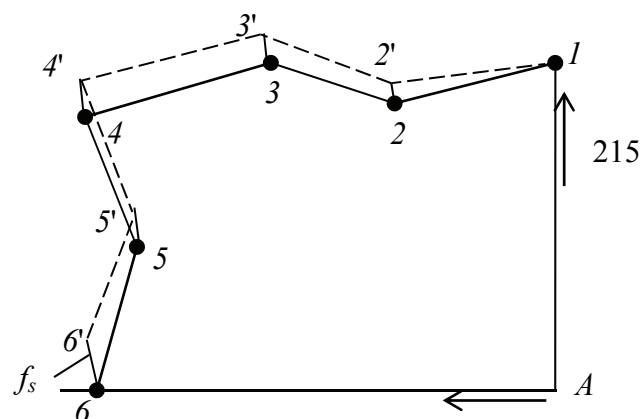


Рис. 5.1. Графическое нанесение буссольного хода

Если невязка допустима, то в положение пунктов на планшете вводят поправки по способу параллельных линий. Величины смещения (поправки) определяют графическим способом.

Для этого на вспомогательной прямой $1-6$ (рис. 5.2) в заданном масштабе последовательно откладывают стороны буссольного хода: $1-2$, $2-3$, ..., $5-6$. От точки 6 строят перпендикуляр к линии $1-6$ длиной, равной графической невязке хода $f_s - 6-6'$; точку $6'$ соединяют наклонной линией с точкой 1 . В точках $2, 3, \dots, 5$ проводят перпендикуляры к линии $1-6$ до пересечения с наклонной $1-6'$. Длина этих перпендикуляров является поправкой в соответствующие точки.

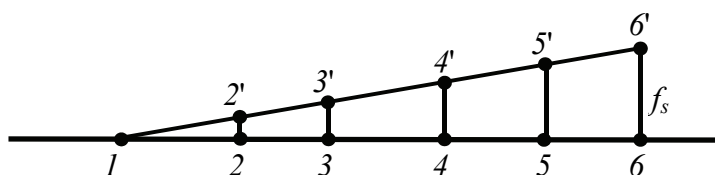


Рис. 5.2. График поправок по способу параллельных линий

Через предварительно нанесенные точки на плане $2', 3', \dots, 5'$ проводят линии параллельные невязке, т. е. $6-6'$. Положение точек переносят на плане в конечное положение по параллельным линиям в сторону точки 6 , на величину соответствующих поправок, взятых с графика. Получают точки $2, 3, \dots, 5$, по которым на плане вычерчивают сплошной линией буссольный ход.

Поправки можно также вычислить аналитическим способом, т. к. они являются частями линейной невязки, их можно рассчитать и по формуле

$$v_l = \frac{f_s}{P_s} \cdot P_l, \quad (5.2)$$

где v_l – величина смещения данной точки; P_s – длина периметра всего полигона; P_l – расстояние от данной точки до начальной.

Последовательно соединяя прямыми линиями вновь полученные точки, включая точку l , образуют замкнутый многоугольник – увязанный полигон (на рис. 5.1 он показан сплошными линиями).

Графически исправленный (уравненный) ход является инструментально установленной границей.

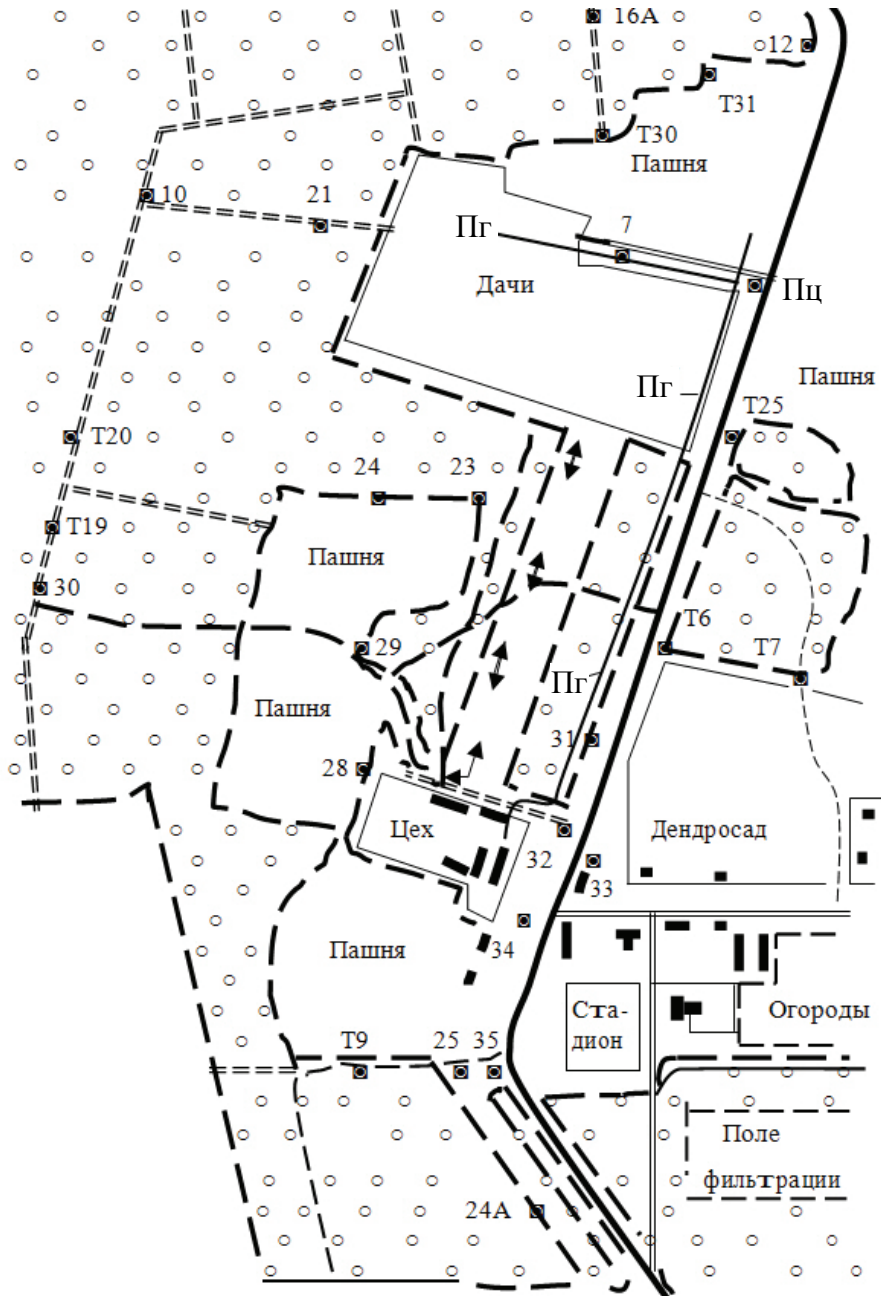
Для определения площади замкнутого участка плана можно использовать аналитический (по координатам вершин хода), графический (разбивают участок на плане на простые геометрические фигуры, преимущественно треугольники, реже прямоугольники, трапеции и определяют их площади по формулам или измеряют площадь участка палеткой) и механический (при помощи специальных приборов, например, планиметров) способы определения площадей. Нередко применяют сочетания этих способов, т. е. их используют комбинированно.

Наиболее точным считается аналитический метод, т. к. точность аналитического способа зависит только от качества полевых измерений.

ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ

1. Назначение теодолита. Что такое теодолитная съемка?
2. Назовите основные части теодолита 2Т30 и перечислите его отсчетные приспособления.
3. Основные поверки теодолита. Что такое юстировка?
4. Укажите последовательность приведения теодолита в рабочее положение.
5. Порядок измерения горизонтального угла способом приемов.
6. Измерение вертикального угла (угла наклона).
7. Определение расстояния нитяным дальномером.
8. Вычислительная обработка ведомости координат теодолитного хода.
9. Назначение нивелиров. Способы нивелирования.
10. Основные части нивелира Н-3.
11. Основные поверки нивелира.
12. Сущность и способы геометрического нивелирования.
13. Горизонт инструмента, сущность.
14. Назначение буссоли и ее основные части.
15. Основные поверки буссоли.
16. Измерение буссолью горизонтальных углов и магнитных направлений.
17. Азимут, румб, дирекционный угол.
18. Землемерные ленты, рулетки и их назначение. Компарирование.
19. Съемочное планово-высотное обоснование, способы создания.
20. Последовательность работы на станции геометрического нивелирования пунктов съемочного обоснования.
21. Обработка журнала технического нивелирования.
22. Сущность тахеометрической съемки. Виды точек и их отличия.
23. Порядок работы на станции тахеометрической съемки.
24. Место нуля и его определение.
25. Вычислительная обработка журнала тахеометрической съемки.
26. Вычисление отметок съемочных пикетов.
27. Этапы составления топографического плана.
28. Изображение рельефа. Палетка.
29. Сущность буссольной съемки. Склонение магнитной стрелки.
30. Методы нанесения буссольных ходов.
31. Уравнивание буссольного хода.
32. Способы определения площади участков на плане.

Западная часть учебного геодезического полигона
Негорельского учебно-опытного лесхоза



■ – пункты полигонометрии (реперы); Пг – подземный газопровод;
Пц – пункт принудительного центрирования

**Журнал
учета технического состояния и эксплуатации приборов**

Поверка теодолита _____ Дата _____
(шифр и номер теодолита)

Поверка № 1 – поверка цилиндрического уровня

Условие поверки: _____

Техническое условие: _____

Порядок поверки: _____

Заключение о поверке: _____

Поверка № 2 – поверка коллимационной погрешности

Условие поверки: _____

Техническое условие: _____

Порядок поверки: _____

$$c = \frac{КЛ - КП \pm 180^\circ}{2}$$

Точка наблюдения	Отсчеты по ГК		Вычисления
	КЛ	КП	
1			$c =$
2			$c =$

Заклучение о поверке: _____

Поверка № 3 – поверка сетки нитей

Условие поверки: _____

Техническое условие: _____

Порядок поверки: _____

Заклучение о поверке: _____

Поверка № 4 – поверка места нуля вертикального круга

Условие поверки: _____

Техническое условие: _____

Порядок поверки:
$$MO = \frac{Л + П}{2}$$

Точка наблюдения	Отсчеты по ВК		Вычисления
	Л	П	
1			МО =
2			МО =

Заключение о поверке: _____

Общий вывод об исправности теодолита: _____

Тренировочный теодолитный ход:

Журнал измерения горизонтальных углов способом полуприемов

Бригада № _____ Студент _____
(факультет, курс, группа) (Ф. И. О)

Теодолит _____ № _____ Дата _____
(модель)

Номер станции	Номер точки	Отсчет по горизонтальному кругу	Разность отсчетов: $\beta' = 3' - П'$; $\beta'' = 3'' - П''$	Горизонтальный угол β_{cp}	Горизонтальное проложение, м	Абрис

**Журнал
учета технического состояния и эксплуатации приборов**

Поверка нивелира _____ Дата _____
(шифр и номер нивелира)

Поверка № 1 – поверка круглого уровня

Условие поверки: _____

Техническое условие: _____

Порядок поверки: _____

Заключение о поверке: _____

Поверка № 2 – поверка сетки нитей

Условие поверки: _____

Техническое условие: _____

Порядок поверки: _____

Заключение о поверке: _____

Поверка № 3 – поверка основного геометрического условия

Условие поверки: _____

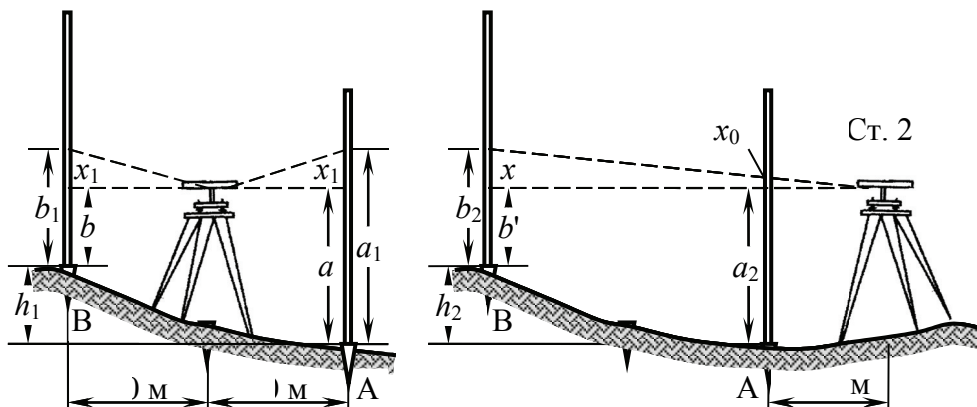


Схема поверки:

Техническое условие: _____

Порядок поверки:

1. Первые измерения

Наименование	Отсчеты по рейке, мм		Превышение, мм, $h = a - b$
	ближняя	дальняя	
Станция 1	$a_1 =$	$b_1 =$	$h_1 =$
Станция 2	$a_2 =$	$b_2 =$	$h_2 =$
Погрешность, мм $x = h_1 - h_2 $			$x =$

2. Вторые измерения (по необходимости)

Наименование	Отсчеты по рейке, мм		Превышение, мм, $h = a - b$
	ближняя	дальняя	
Станция 1	$a_1 =$	$b_1 =$	$h_1 =$
Станция 2	$a_2 =$	$b_2 =$	$h_2 =$
Погрешность, мм $x = h_1 - h_2 $			$x =$

Заключение о поверке: _____

При необходимости выполнить юстировку главного условия (порядок работ)

$b' = a_2 - h_1 =$

Общий вывод об исправности нивелира: _____

Рейки: _____

Разность нулей реек: _____

Тренировочный нивелирный ход:

Журнал измерения превышений

Бригада № _____ Студент _____
(факультет, курс, группа) (Ф. И. О)

Нивелир _____ № _____ Дата _____
(модель)

Номер		Отсчеты по рейкам, мм			Превышения, мм			Горизонт прибора (ГП), м	Отметки H, м	Пикетажный журнал (абрис)
станции	точки	задней 3', 3"	передней П', П"	промежуточной Пр	$h' = 3' - П'$ $h'' = 3'' - П''$	поправки $v_{h,i}$	уравненное $h_{ср}$			
Постраничный контроль		Σ	Σ		Σ		Σ			
		$\Sigma h =$			$\Sigma h =$					

**Журнал
учета технического состояния и эксплуатации приборов**

Поверка буссоли (гониометра) _____ Дата _____
(шифр и номер буссоли)

Поверка № 1 – уравновешенность магнитной стрелки

Условие поверки: _____

Техническое условие: _____

Порядок поверки: _____

Заключение о поверке: _____

Поверка № 2 – чувствительность магнитной стрелки

Условие поверки: _____

Техническое условие: _____

Порядок поверки: _____

Заключение о поверке: _____

Поверка № 3 – эксцентриситет магнитной стрелки

Условие поверки: _____

Техническое условие: _____

Порядок поверки: _____

Определение эксцентриситета магнитной стрелки буссоли

Угол поворота	Отсчеты по северному и южному концам магнитной стрелки		Двойной эксцентриситет $r_c - r_{ю}$	Средний отсчет r_{cp}
	r_c	$r_{ю}$		
0°				
35°				
70°				
105°				
140°				

Заключение о проверке: _____

Общий вывод об исправности буссоли:

Тренировочный буссольный ход:

Журнал буссольной съемки

Бригада № _____ Студент _____
(факультет, курс, группа) (Ф. И. О)

Буссоль _____ № _____ Дата _____
(модель)

Номер станции	Номер точки визирования	Отсчеты по горизонтальному кругу	Угол β'	Магнитный азимут (или румб) <u>прямой</u> обратный	Угол β''	Среднее значение β_{cp}	Уравненный угол β	Угол наклона	Длина линии			Абрис
									прямая обратная, м	средняя, м	на плане, мм	

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Несцяронок, В. Ф. Інжынерная геадэзія: падручнік / В. Ф. Несцяронок, М. С. Несцяронок. – Мінск: БДТУ, 1998. – 320 с.
2. Хренов, Л. С. Інженерная геодезія: учеб. пособие / Л. С. Хренов, С. Е. Баршай, В. Ф. Нестеренок; под ред. Л. С. Хренова. – Минск: Вышэйшая школа, 1976. – 400 с.
3. Чекалин, С. И. Основы картографии, топографии и инженерной геодезии: учеб. пособие / С. И. Чекалин. – М.: Академический проспект, 2009. – 392 с.
4. Южанинов, В. С. Картография с основами топографии: учеб. пособие / В. С. Южанинов. – М.: Высшая школа, 2001. – 302 с.
5. Нестеренок, В. Ф. Інженерная геодезія: геометрическое нивелирование: метод. рекомендации / В. Ф. Нестеренок. – Минск: БГТУ, 2007. – 53 с.
6. Нестеренок, В. Ф. Топографические и лесные карты: лаб. практикум / В. Ф. Нестеренок. – Минск: БГТУ, 2005. – 42 с.
7. Тэадалітная і бусольная здымкі з асновамі тапаграфічнага чарчэння: лаб. практыкум / В. Ф. Несцяронок [і інш.]; пад агул. рэд. В. Ф. Несцяронка. – Мінск: БДТУ, 2004 – 66 с.
8. Пушкин, А. А. Інженерная геодезія. Тахеометрическая съемка: метод. рекомендации / А. А. Пушкин, С. В. Ковалевский. – Минск: БГТУ, 2009. – 51 с.
9. Соломонов, А. А. Інженерная геодезія: учеб. пособие / А. А. Соломонов. – Минск: Вышэйшая школа, 1984. – 328 с.
10. Геодезія: учебник / М. С. Нестеренок [и др.]; под общ. ред. М. С. Нестеренок. – Минск: Университетское, 2001. – 312 с.
11. Кусов, В. С. Основы геодезии, картографии и космоаэро съемки: учеб. пособие / В. С. Кусов. – М.: Академия, 2009. – 255 с.
12. Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500: утв. ГУКГ при Совете Министров СССР 25.11.86. – М.: Недра, 1989. – 285 с.
13. Ковалевский, С. В. Основы геодезии и картографии. Лабораторный практикум: учеб.-метод. пособие / С. В. Ковалевский, Н. Я. Сидельник, А. А. Пушкин. – Минск: БГТУ, 2014. – 113 с.
14. Правила проведения лесоустройства лесного фонда: ТКП 377–2012 (02080). – Введ. 11.04.2012. – Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2012. – 54 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИКИ.....	5
ОРГАНИЗАЦИЯ ПРАКТИКИ.....	6
1. ПРАВИЛА ВНУТРЕННЕГО РАСПОРЯДКА, ОБЯЗАННОСТИ БРИГАДИРА И ЧЛЕНОВ БРИГАДЫ	9
2. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОХОЖДЕНИИ УЧЕБНОЙ ПРАКТИКИ	10
3. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ	13
3.1. Теодолит	13
3.1.1. Устройство теодолита	13
3.1.2. Отсчетные приспособления теодолитов	15
3.1.3. Поверки теодолита	16
3.1.4. Техника измерения	18
3.2. Нивелир.....	22
3.2.1. Устройство нивелира с уровнем	22
3.2.2. Поверки нивелира с уровнем	24
3.2.3. Подбор и поверки реек.....	26
3.2.4. Техника измерения превышений	26
3.3. Буссоль.....	29
3.3.1. Устройство буссоли БГ-1.....	29
3.3.2. Поверки буссоли.....	30
3.3.3. Техника измерения горизонтальных углов и магнитных направлений	31
3.4. Землемерные ленты, рулетки	33
3.4.1. Компарирование землемерных лент.....	33
3.4.2. Техника измерения расстояний.....	34
4. ТОПОГРАФИЧЕСКАЯ СЪЕМКА ТУРИСТИЧЕСКОГО МАРШРУТА.....	36
4.1. Создание планового обоснования туристического маршрута.....	37
4.2. Вычисление прямоугольных координат пунктов съемочного обоснования.....	39

4.3. Создание высотного обоснования туристического маршрута.....	44
4.4. Вычисление высотных координат пунктов съемочного обоснования.....	46
4.5. Тахеометрическая съемка туристического маршрута	48
4.5.1. Порядок работы на станции тахеометрической съемки	53
4.5.2. Вычислительная обработка журнала тахеометрической съемки.....	57
4.6. Составление топографического плана.....	59
5. БУССОЛЬНАЯ СЪЕМКА.....	65
5.1. Определение склонения магнитной стрелки	65
5.2. Проложение буссольного хода на местности	66
5.3. Нанесение буссольного хода на план	67
ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ	70
ПРИЛОЖЕНИЕ А	71
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	72
ПРИЛОЖЕНИЕ В	74
ПРИЛОЖЕНИЕ Г.....	76
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА	78

Учебное издание

Ковалевский Сергей Владимирович
Сидельник Николай Ярославович

**ОСНОВЫ ГЕОДЕЗИИ
И КАРТОГРАФИИ**

Учебно-методическое пособие

Редактор *Ю. А. Юрчик*
Компьютерная верстка *Е. В. Ильченко*
Корректор *Ю. А. Юрчик*

Издатель:

УО «Белорусский государственный технологический университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/227 от 20.03.2014.

Ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск.