

фУчреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДЕЗИЯ

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

Минск 2023

УДК 528.48(075.8)
ББК 26.1я73
И62

А в т о р ы :

*Н. Я. Сидельник, П. В. Севрук, О. В. Кравченко,
С. В. Ковалевский, А. А. Пушкин*

Р е ц е н з е н т ы :

кафедра геодезии и космоаэрокартографии БГУ
(заведующий кафедрой кандидат географических наук,
доцент *А. П. Романкевич*);
ведущий инженер отдела дистанционного зондирования
и мониторинга лесов РУП «Белгослес»
кандидат сельскохозяйственных наук *С. С. Цай*

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

Инженерная геодезия : учеб.-метод. пособие для студентов специальности 1-75 02 01 «Садово-парковое строительство» / Н. Я. Сидельник [и др.]. – Минск : БГТУ, 2023. – 160 с.
ISBN 978-985-897-099-4.

Освещены общие вопросы организации учебной практики по дисциплине «Инженерная геодезия», изложен порядок подготовки геодезических приборов к выполнению измерений на местности, их поверки. Приведена методика полевых геодезических измерений и их математическая обработка при создании планово-высотного съемочного обоснования, топографической съемке, нивелировании поверхности, трассировании и разбивке пикетажа. Рассмотрены некоторые виды разбивочных работ, принципы решения отдельных инженерно-геодезических задач.

Может быть использовано не только во время геодезической практики, но и при выполнении лабораторных работ по геодезии, так как содержит учебный материал лабораторных занятий.

УДК 528.48(075.8)
ББК 26.1я73

ISBN 978-985-897-099-4

© УО «Белорусский государственный технологический университет», 2023

ПРЕДИСЛОВИЕ

Геодезические данные в виде цифровой информации, карт и планов, аэрофото- и космических снимков в обязательном порядке используются во всех областях хозяйственной и научной деятельности, в частности при благоустройстве территорий, строительстве садово-парковых объектов, мониторинге природных ресурсов и экологической обстановки в парках и лесонасаждениях.

На практике методами инженерной геодезии создаются и обновляются генеральные планы озеленения населенных пунктов при проведении изысканий для строительства сооружений и объектов лесного хозяйства, в садово-парковом строительстве. На современном этапе развития геодезической науки и практики осуществляется фундаментальный переход от механических средств измерений к автоматизированным измерительным комплексам с компьютерной обработкой информации.

Целью учебной практики является закрепление и углубление теоретических знаний по инженерной геодезии, получение практических навыков выполнения основных видов полевых и камеральных геодезических работ при изысканиях для проектирования и создания дендропарков, озеленения территории, их благоустройства и в ходе других работ.

В процессе учебной практики студенты приобретают навыки работы с измерительными приборами и инструментами, практический опыт проверок и юстировок измерительных инструментов (теодолита и нивелира), отработывают технику выполнения топографических съемок садово-парковой части застроенной территории, инженерных измерений сооружений с помощью геодезических приборов, совершенствуются в выполнении чертежно-графических работ и геодезических изысканий для проектирования и строительства садово-парковых объектов, реализуемых на практике.

Учебная практика проводится на базе Негорельского учебно-опытного лесхоза во 2-м семестре. По ее окончании сдается дифференцированный зачет.

Согласно действующему учебному плану специальности 1-75 02 01 «Садово-парковое строительство» (до 2022 г.) и 6-05-0821-02 «Ландшафтное проектирование и строительство» (с 2023 г.) продолжительность учебной практики составляет 15 дней (90 ч).

При написании учебно-методического пособия без прямого цитирования и специальных ссылок были использованы книги и работы ряда авторов [1–27], обратившись к которым можно более подробно ознакомиться с теоретической и практической сторонами отдельных вопросов.

1 СОДЕРЖАНИЕ И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРАКТИКИ. ПРАВИЛА ВНУТРЕННЕГО РАСПОРЯКА

1.1. Содержание и организация практики

Руководителем практики назначается один из преподавателей кафедры лесоустройства. В его обязанности входит осуществление общего руководства практикой, контроль и оказание помощи студентам при выполнении заданий и работ.

Для выполнения программы практики учебная группа делится на бригады, каждая из которых получает задания по практике, выполняет их и заносит результаты в общий бригадный отчет, защита которого состоится в конце практики. Бригада состоит из 4–6 человек, в ней назначается свой руководитель – бригадир, кандидатура которого предлагается бригадой. В виде исключения в учебной группе может быть создана одна бригада из 7 человек. Бригады приоритетно комплектуются на добровольных началах. Состав бригады остается постоянным (за редким исключением) на весь период практики.

Для выполнения каждого вида работ каждая бригада получает в первый день практики в кабинете № 25 следующий комплект инструментов и снаряжения:

- теодолит Т30 (2Т30) со штативом, отвесом и ориентир-буссолью;
- нивелир Н-3 со штативом;
- рейки нивелирные двухсторонние складные – 2 шт.;
- вешки – 2 шт.;
- землемерная рулетка (или лента ЛЗ-20) с 6 шпильками;
- топор;
- полевая сумка;
- комплект методических пособий, журналы измерений и бланки для вычислений;
- геодезический транспортир и линейка Дробышева.

Расходные материалы и канцелярские принадлежности (бумага писчая для составления отчета (40–50 листов на бригаду); школьные тетради (крупный блокнот) в клетку для полевых записей и оформления таблиц; лист ватмана формата А0 – 1 шт., А3 – 5 шт., А4 – 5 шт.; лист миллиметровой бумаги формата А2 – 1 шт., маркер черного или синего цвета; циркуль-измеритель; простые карандаши;

линейки и треугольники; ластик; рапидографы (или гелевые ручки) черного, красного и коричневого (или коричневый карандаш) цветов) приобретаются самостоятельно студентами до начала прохождения учебной практики.

До использования приборов студенты под руководством преподавателя изучают технику безопасности и правила поведения на практике. Без изучения правил техники безопасности студенты к прохождению практики не допускаются.

Практика длится 2,5 недели. Каждая неделя включает 6 рабочих дней по 6 академических часов. Начало и окончание рабочего дня определяются руководителем практики.

Вид, объем и продолжительность работ на практике устанавливаются согласно рабочей программе практики (таблица).

Календарно-тематический план прохождения практики

Вид 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. Геодезические приборы и оборудование. Поверки и юстировки теодолита и нивелира. Тренировочные измерения углов и превышений. Прокладка тренировочных теодолитного и нивелирного ходов. Компарирование землемерной ленты. Техника измерения расстояний	Первый
4. Создание планово-высотного съемочного обоснования топографической съемки части дендропарка (застроенной территории). Рекогносцировка контура участка съемки. Закрепление станций. Теодолитная съемка. Измерение горизонтальных углов теодолитом и сторон хода землемерной лентой. Прокладка и теодолитная съемка диагонального хода. Съемка аллей, прилегающих деревьев и кустарников, зданий и объектов внутри участка относительно створных линий и диагонального хода различными способами. Техническое нивелирование. Измерение превышений нивелиром между станциями. Камеральная обработка результатов измерений, контроль их точности, исправление неверных результатов повторными измерениями	Второй – четвертый

Вид работ	Рабочий день практики
<p>5. Тахеометрическая съемка. Специальные поверки теодолита: определение коэффициента дальномера и величины места нуля вертикального круга. Освоение методики тахеометрической съемки. Расстановка съемочных пикетов, составление абрисов, измерения теодолитом горизонтальных и вертикальных углов, расстояний. Камеральные работы: обработка полевых материалов, нанесение ситуации и составление топографического плана части дендропарка</p>	Пятый – восьмой
<p>6. Геометрическое нивелирование на трассе садово-парковой аллеи. Рекогносцировка трассы садово-парковой аллеи. Разбивка пикетажа по трассе. Пикетажный журнал. Разбивка главных элементов круговых дорожных кривых и поперечников. Техническое нивелирование пикетных точек трассы и поперечников. Текущая обработка материалов нивелирования. Вычислительная обработка данных нивелирования в камеральных условиях, высот пикетов и промежуточных (плюсовых) точек, составление продольного профиля трассы и профилей поперечников, нанесение проектного профиля аллеи и расчеты проектных и рабочих отметок. Расчеты круговых участков трассы и отображение их на профиле</p>	Девятый– одиннадцатый
<p>7. Проектирование искусственного рельефа по данным нивелирования поверхности по квадратам. Разбивка сетки квадратов на участке съемки, нивелирование по квадратам, высотная привязка участка. Камеральная обработка данных с определением высот вершин квадратов. Составление плана с горизонталями. Проектирование на копии плана горизонтальной поверхности искусственного рельефа. Расчет объемов земляных масс</p>	Двенадцатый – тринадцатый
<p>8. Решение инженерно-геодезических задач. Измерение высоты деревьев геодезическим способом. Разбивка круговой кривой способом прямоугольных координат. Вынос на местность точек с заданными проектными высотами. Построение линий с заданным уклоном. Проектирование на плане контура участка под декоративные насаждения, определение данных для выноса контура в натуру, перенесение его на местность</p>	Четырнадцатый
<p>9. Проведение дифференцированного зачета. Проверка, ремонт, консервация и сдача инструментов на склад кафедры. Проведение заключительного индивидуально-бригадного дифференцированного зачета по итогам учебной геодезической практики</p>	Пятнадцатый

Порядок выполнения работ на учебной практике может изменяться по усмотрению руководителя в зависимости от погодных условий. После выполнения всех видов работ, предусмотренных программой практики, бригада обязана все инструменты подготовить к сдаче в кабинет геодезии, тщательно их очистить, проверить комплектность и сдать их на хранение с получением информационного листа о сдаче.

По итогам практики каждая бригада сдает руководителю отчет, содержащий описание всех видов работ, полевые журналы, расчеты и графические материалы. Примерное содержание отчета по практике бригады студентов:

- титульный лист (рисунок);
- информационный лист сдачи геодезических приборов и оборудования на склад кафедры;
- содержание разделов отчета с нумерацией страниц;
- техника безопасности;
- геодезические приборы и оборудование: результаты компарирования землемерной ленты или рулетки, результаты поверок и юстировок теодолита, пробный теодолитный ход, результаты поверок и юстировок нивелира, пробный нивелирный ход;
- теодолитная съемка: схема теодолитных ходов, журнал измерения горизонтальных углов и длин линий теодолитного хода, обратная геодезическая задача, ведомость вычисления координат вершин теодолитного (замкнутого, разомкнутого, привязочного) хода, абрисы съемки ситуации различными способами (перпендикуляров, линейными и угловыми засечками и т. д.);
- тахеометрическая съемка: журнал тахеометрической съемки, абрисы съемки ситуации, журнал нивелирования вершин теодолитного хода, план участка части застроенной территории (дендросада) в масштабе с нанесенными на него горизонталями и контурами по материалам теодолитной съемки и дополненный данными тахеометрической съемки;
- геометрическое нивелирование трассы: журнал технического нивелирования, схема технического нивелирования трассы, пикетажный журнал, продольный профиль лесопарковой аллеи;
- нивелирование участка по квадратам и вертикальная планировка: журнал-схема нивелирования по квадратам, топографический план участка, расчеты высоты точек проектной плоской площадки, картограмма земляных работ, ведомость расчета объемов земляных масс;

– геодезические задачи: измерение высоты хвойных и лиственных деревьев или других объектов с помощью теодолита, перенесение точки на проектные отметки, построение линии с заданным уклоном, детальная разбивка круговой кривой способом прямоугольных координат, проектирование на плане дендросада контура объекта и вынос его в натуру;

– список использованной литературы.

<p>МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ</p> <p>Учреждение образования «БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»</p> <p>Кафедра лесоустройства</p> <p>ОТЧЁТ по учебной практике по дисциплине «Инженерная геодезия»</p> <p>Выполнила бригада № _____ 1. Фамилия И.О. – бригадир 2. Фамилия И.О. 3. Фамилия И.О. 4. Фамилия И.О. 5. Фамилия И.О. 6. Фамилия И.О.</p> <p>Городище 2023 г.</p>

Рис. Пример оформления титульного листа

Все материалы подшиваются в папку (скоросшиватель), страницы нумеруются, составляется содержание, введение и заключение.

После проверки преподавателем материалов отчета и устранения студентами сделанных замечаний (при их наличии) бригада вновь сдает отчет. Оценка знаний и полученных навыков каждого студента производится индивидуально-побригадно по результатам его работы в процессе прохождения практики и сдачи дифференцированного зачета.

1.2. ПРАВИЛА ВНУТРЕННЕГО РАСПОРЯДКА, ОБЯЗАННОСТИ БРИГАДИРА И ЧЛЕНОВ БРИГАДЫ

Приборы, принадлежности и учебная литература выдаются бригадиру под расписку. Материальную ответственность за утерю или поломку (порчу) геодезических приборов и оборудования несет бригада в целом (поэтому лучше распределить приборы между членами бригады, письменно зафиксировав персональную ответственность за них). В случае утери или поломки приборов виновные обязаны до окончания практики приобрести их в магазине, а при выходе инструментов из строя выполнить ремонт за свой счет, иначе к защите практики бригада не допускается.

Все студенты обязаны быть на месте сбора в установленное время, независимо от погодных условий. В дождливую погоду студенты являются на практику как обычно и занимаются камеральными работами. Опоздание на практику не допускается. Опоздавший студент предоставляет руководителю практики письменное объяснение. Уход с места практики на согласованное время разрешает только руководитель практики. Уход с места работы бригады с разрешения бригадира допускается не более чем на 10 мин. Студенты, пропустившие день практики, должны предоставить оправдательный документ с разрешением деканата отработать пропуск, а те, кто пропустил *более чем три дня*, не допускаются к дальнейшему прохождению практики без соответствующего разрешения деканата или рекомендуются к прохождению ее в другой срок, установленный решением деканата и заведующего кафедрой. Студенты, не прошедшие практику без уважительной причины, не переводятся на следующий курс.

Бригадир организует оформление отчета, распределяя задачи камеральной обработки материалов между членами бригады. Бригадир ежедневно отмечает в тетради-дневнике практики задания преподавателя и результаты их выполнения, а также записывает вопросы, возникающие в процессе работы. Каждый студент бригады должен выполнять все виды работ, предусмотренные программой практики.

В *обязанности бригадира* входит: получение от руководителя практики заданий по каждому виду работ и доведение их до бригады, ежедневное обеспечение равномерного распределения обязанностей между студентами своей бригады при выполнении всех видов полевых и камеральных работ, поддержание образцовой трудовой

и учебной дисциплины в бригаде и контроль за строгим соблюдением каждым студентом бригады правил техники безопасности и правил внутреннего распорядка, контроль за бережным отношением со стороны всех студентов бригады к геодезическим инструментам и приборам, ведение бригадной тетради-дневника (черновика) практики, слежение за полнотой и аккуратностью ведения геодезических журналов, абрисов и другой технической документации, обеспечение качественного выполнения бригадой всех работ в установленные преподавателем сроки.

Все члены бригады во время работ подчиняются своему бригадиру и обязаны: бережно обращаться с геодезическими приборами, оборудованием, пособиями и другим государственным имуществом; строго соблюдать правила внутреннего распорядка во время практики и на территории студгородка, техники безопасности и охраны окружающей среды; добросовестно относиться к своим обязанностям и выполнять порученные задания по практике.

Каждый студент должен принимать личное участие в выполнении всех видов полевых и камеральных работ, предусмотренных программой практики, в установленные календарным планом сроки. Студент несет личную ответственность за порученную ему часть работы, так как от качества и своевременности ее выполнения зависит в конечном итоге успех работы бригады в целом.

Пропуски и опоздания студентов на практику без уважительных причин недопустимы. Студенты, систематически нарушающие трудовую и учебную дисциплину, правила техники безопасности и охраны природы и окружающей среды, отстраняются руководителем от дальнейшего ее прохождения.

Прием работ и зачет по практике проводятся преподавателем-руководителем индивидуально, чаще всего в присутствии всей бригады. *Студенты, не выполнившие работы согласно программе практики или нарушившие правила внутреннего распорядка в период прохождения практики или на территории студгородка БГТУ, к зачету по практике не допускаются.*

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

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 о правилах 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.

1. При выполнении геодезических работ в поле, связанных с изготовлением и забивкой колышков и сторожков, пользуются только исправными топорами, которые надежно насажены на рукоятку. Не разрешается забивать колышки и сторожки подручными предметами.

2. Запрещается работать на солнце без головных уборов и в открытой одежде (загорать). Обувь должна быть полностью закрытая, предпочтительно на толстой подошве.

3. Не разрешается использовать для питья некипяченую воду, воду из открытых источников. Купание в водоемах запрещено.

4. Во избежание хотя бы случайного толчка наблюдателя, смотрящего в зрительную трубу, не разрешается находиться кому-либо непосредственно сзади.

5. Не допускается наводить на солнце зрительные трубы геодезических инструментов без светофильтра.

6. При переноске вешек и штативов острые концы их должны быть направлены назад или вниз.

7. Категорически запрещается перебрасывать друг другу шпильки, вешки, топоры и другие предметы.

8. Нельзя с инструментом перелезать или перепрыгивать через препятствия.

9. В период работы на дорогах необходимо быть внимательными при переходе через них.

10. Во время полевых работ нельзя вставлять на люк колодца при установке на него реек или при измерениях рулеткой.

11. Запрещается разводить костры, рубить или вытаптывать посадки, засорять территории.

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

- штативы носить на плече, наконечниками вниз, сзади;
- при работе с мерной лентой во избежание пореза перемещать ее только за ручки;

- категорически запрещается раскладывать ножки штатива на весу, так как после откручивания зажимного винта нижняя половинка ножки может резко упасть вниз, травмируя острием колено или стопу;

- категорически запрещено оставлять без присмотра нивелирную рейку прислоненной к стенам, деревьям и т. д.

- категорически запрещено смотреть в зрительную трубу на солнце;

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

- при длительной переноске прибор должен находиться в футляре и его необходимо предохранять от сильных толчков, ударов и падений во избежание разъюстировки и поломок;

- не давать прибору намокнуть, если же намокание произошло, нужно дать ему высохнуть и только после этого можно протереть;

- при разматывании землемерной ленты не допускать образования петель, во время работы с ней предотвращать переезд ленты автомашиной;

- при транспортировке и переноске реек нужно следить, чтобы острые предметы не повредили плоскость, на которой нанесены деления;

- нельзя бросать рейки и вешки и садиться на них, в местах установки инструмента их нужно держать на расстоянии не менее 4 м;

- следует строго соблюдать правила дорожного движения: дорогу переходить только в установленных местах под прямым углом, убедившись в отсутствии приближающегося транспорта на расстоянии не менее 100 м.

На учебной практике по геодезии студенты прорубают визиры, изготавливают и устанавливают кольшки и сторожки. При этом необходимо строго соблюдать правила техники безопасности и охраны труда.

Перед началом работ следует 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 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, в специально отведенном для этого месте, которое сначала необходимо подготовить, т. е. снять подстилку до минерального слоя, куда стряхивается пепел с горячей сигареты, 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, где проходит практика. Бумага, целлофановые пакеты, бутылки, остатки пищи и т. п. должны быть убраны и сложены в мусорные ящики.

ЗАПРЕЩАЕТСЯ употреблять спиртосодержащие напитки и наркотические вещества.

После завершения работ все колышки и сторожки на территории студгородка и прилегающих к нему зон должны быть извлечены из земли.

3 ОСНОВНЫЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ И ИХ ПОВЕРКИ

3.1. Устройство теодолита

На практике студенты выполняют теодолитную съемку с помощью технического теодолита Т30 (2Т30), составные части которого приводятся на рис. 3.1.

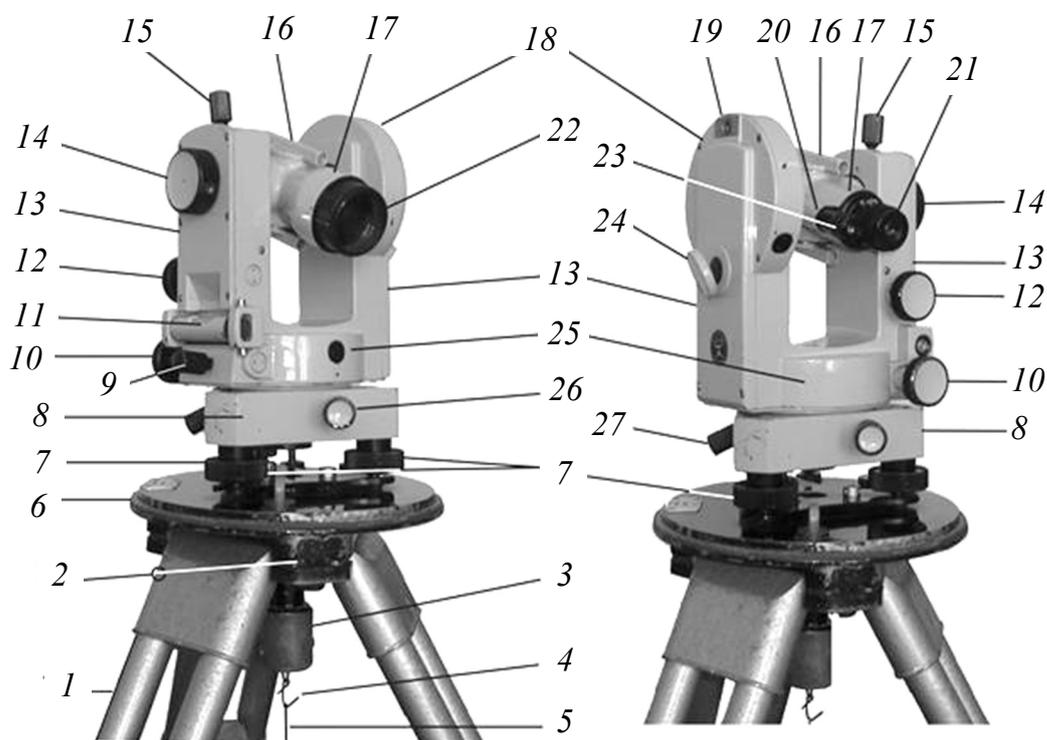


Рис. 3.1. Теодолит Т30 (2Т30) и его основные конструктивные элементы:
1 – ножка штатива; 2 – головка штатива; 3 – становой винт; 4 – крючок для нитяного отвеса; 5 – нитяной отвес; 6 – основание подставки (футляра) теодолита; 7 – подъемные винты подставки; 8 – подставка теодолита; 9 – закрепительный винт 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 Т30 (2Т30) предназначен для выполнения инженерно-геодезических работ, измерения горизонтальных и вертикальных углов в теодолитных и тахеометрических ходах, создания плановых и высотных съемочных сетей, измерения расстояний с помощью нитяного дальномера, определения магнитных азимутов по ориентир-буссоли.

Отсчетные приспособления теодолитов. Существует несколько видов отсчетных приспособлений: штриховой микроскоп, применяемый в теодолитах Т30, и шкаловый микроскоп в теодолитах 2Т30. Отсчеты снимают при наведении перекрестия сетки нитей на цель (рис. 3.2).



Рис. 3.2. Сетка нитей зрительной трубы теодолитов Т30 (2Т30)

Штриховой микроскоп. Отсчетным индексом в штриховом микроскопе является неподвижный штрих, выгравированный на стеклянной пластине (алидаде). Отсчетное приспособление через систему призм и линз выводит в окуляр изображения градусных делений горизонтального и вертикального кругов. *Цена деления лимба в теодолите Т30 составляет 10'.* Буква **В** обозначает, что сверху расположены значения вертикального круга, а буква **Г**, что снизу находятся деления горизонтального круга.

Вид поля зрения штрихового микроскопа показан на рис. 3.3.

Отсчет снимают следующим образом:

1. Определяется ближайшее число, расположенное *левее* отсчетного штриха, – это будет количество градусов.

2. Затем подсчитывается количество целых делений от данного штриха с градусами до отсчетного штриха и умножается на 10 – это будет количество минут в десятках.

3. Оставшееся нецелое деление до штриха мысленно разбивается на 10 частей и определяется, сколько минут попало в нецелую область деления.

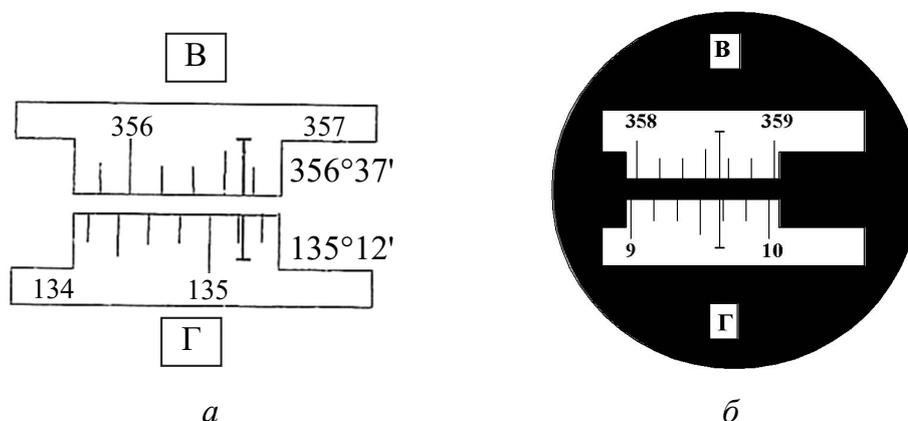


Рис. 3.3. Примеры (а, б) штриховой системы отсчетов теодолита Т30

В первом случае (рис. 3.3, а) отсчет по горизонтальному кругу равен $135^{\circ}12'$ ($135^{\circ} + 10' + 2'$), по вертикальному – $356^{\circ}37'$ ($356^{\circ} + 30' + 7'$), во втором случае (рис. 3.3, б) отсчет по горизонтальному кругу равен $9^{\circ}39'$ ($9^{\circ} + 30' + 9'$), по вертикальному – $358^{\circ}37'$ ($358^{\circ} + 30' + 7'$).

Шкаловый микроскоп. В верхней части поля зрения микроскопа, обозначенного буквой **В** (рис. 3.4), 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 (2Т30) нанесены *отсчетные шкалы с ценой деления $5'$* . Эти шкалы выведены в поле зрения микроскопа.

Начальное деление шкалы горизонтального круга обозначено цифрой 0 (обозначает $0'$), а конечное – цифрой 6, что означает $60'$.

При отсчитывании по вертикальному кругу следует помнить, что шкала микроскопа вертикального круга имеет двойную оцифровку ($0-6$ и $(-6)-(-0)$):

- если у градусного деления вертикального лимба нет знака, для отсчета по шкале микроскопа используется *положительная* оцифровка – *слева направо* (от 0 до 6);

- если у градусного деления знак «минус», то для отсчета по шкале используется *отрицательная* оцифровка – *справа налево* (от -0 до -6).

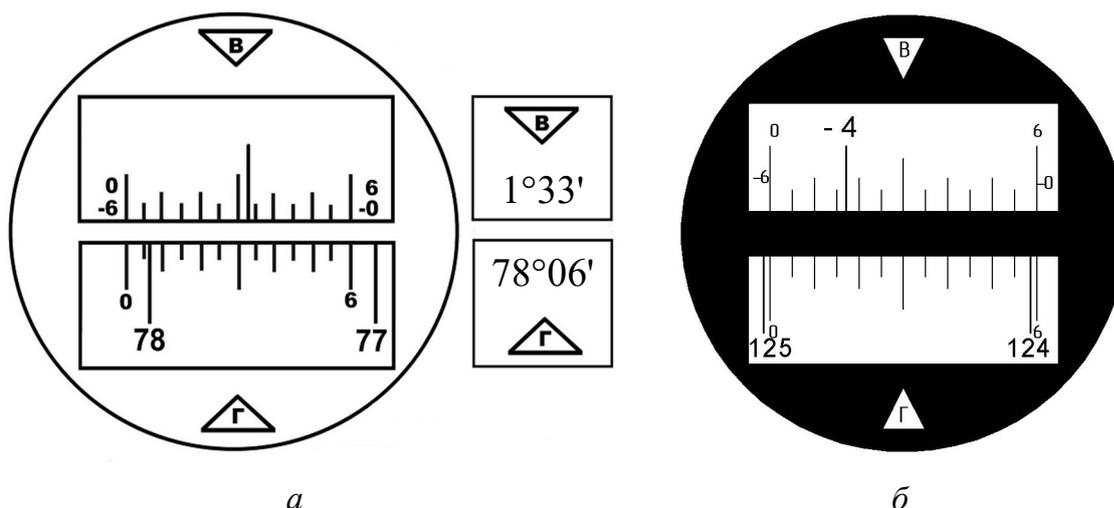


Рис. 3.4. Поле зрения шкалового микроскопа теодолита 2Т30П

Отсчет по горизонтальному кругу производится в следующем порядке (рис. 3.4):

1. Определяется, какое целое число градусов (длинный штрих лимба, попадающего на отсчетную шкалу) находится между значениями (0–6), – это и будет целое значение градусов.

2. Затем слева направо от нуля по отсчетной шкале подсчитываются минуты – сначала целые сегменты делений по 5' каждый (например, 5, 10, 15, 20 и т. д.).

3. Последний сегмент деления до штриха с градусами мысленно делится на 5 частей и по ним определяются оставшиеся минуты с точностью до 1'.

Отсчет по горизонтальному кругу в первом случае (рис. 3.4, а) равен $78^{\circ}06'$ ($78^{\circ} + 5' + 1'$), во втором случае (рис. 3.4, б) – $124^{\circ}58'$ ($124^{\circ} + 55' + 3'$).

Отсчет по вертикальному кругу (рис. 3.4) производится немного иначе – надо обязательно смотреть на значение градусов (положительное или отрицательное), которое попадает на шкалу делений:

– на рис. 3.4, а значение градуса (1°) положительное, поэтому отсчет минутных значений будет производиться в направлении от 0 к 6 (слева направо) и будет равен $1^{\circ}33'$ ($1^{\circ} + 30' + 3'$);

– на рис. 3.4, б значение градуса отрицательное (-4°), поэтому отсчет минут будет начинаться от -0 в направлении -6 (справа налево). Отсчет в итоге составит $-4^{\circ}43'$ ($-4^{\circ} + (-40') + (-3')$).

3.1.1. Поверки теодолита

Поверками называются действия по установлению правильности приведения осей к нужным сопряжениям и исправлению (юстировке) в случае их нарушения. Поверки и, если необходимо, юстировки следует проводить систематически.

Поверка № 1. *Ось цилиндрического уровня горизонтального круга должна быть перпендикулярна вертикальной оси теодолита.* Порядок действий (рис. 3.5):

1. Вращением алидады расположить уровень при ней параллельно двум (любым) подъемным винтам подставки теодолита (рис. 3.5, а).

2. Вращая эти винты (предпочтительно в разные стороны), привести пузырек уровня в нуль-пункт (рис. 3.5, а).

3. Повернуть алидаду на 90° (на глаз) и вращением третьего (предыдущие два винта не трогать) подъемного винта (рис. 3.5, б) вновь привести пузырек уровня в нуль-пункт.

4. Повернуть алидаду от этого положения на 180° . Если пузырек отклонится от нуль-пункта более одного деления шкалы ампулы, то прибор не прошел поверку. В этом случае желательно для надежности повторить ее заново. Если при повторной поверке результат окажется аналогичным, нужно выполнить юстировку уровня (рис. 3.5, в).

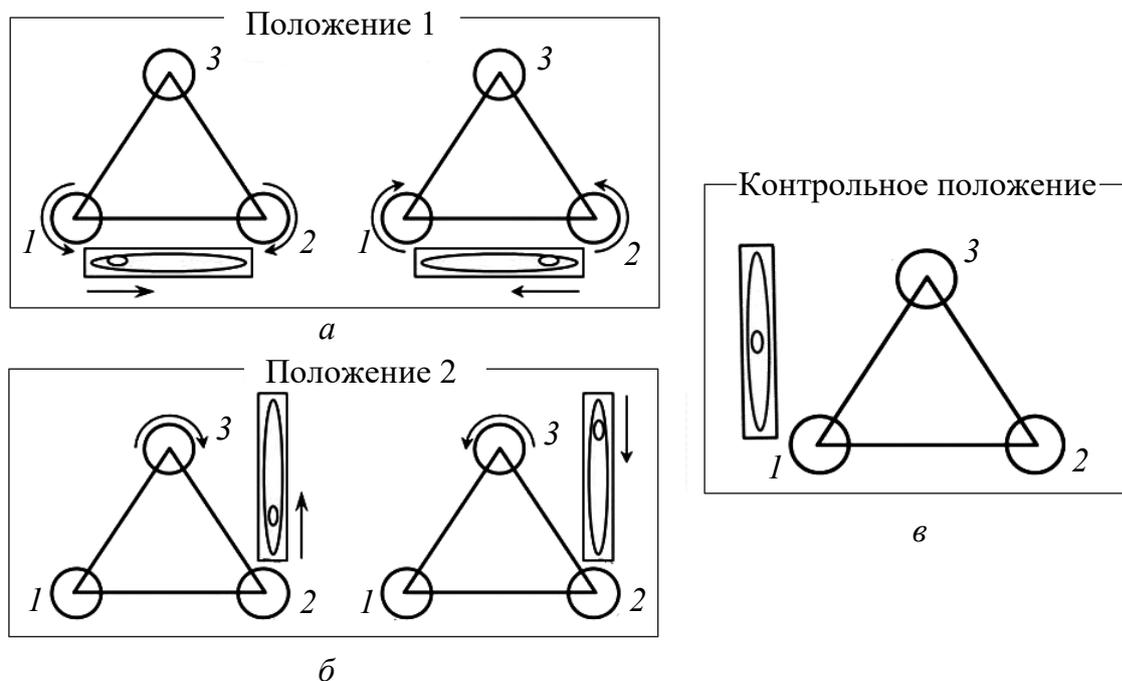


Рис. 3.5. Схема поверки № 1 уровня теодолита:
1, 2, 3 – подъемные винты подставки теодолита

Юстировка. Выполняется преподавателем (рис. 3.6). Для этого с помощью подъемных винтов пузырек перемещают на половину дуги отклонения, после чего юстировочными винтами уровня приводят его на середину. Затем действия 1–4 поверки № 1 повторяют.

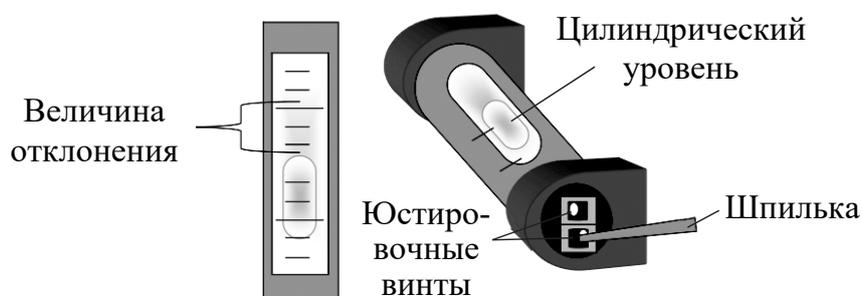


Рис. 3.6. Юстировка поверки уровня теодолита

Важно! Эту поверку выполняют на каждой станции и повторяют ее до тех пор, пока пузырек не останется в нуль-пункте с отклонением не более одного деления при повороте теодолита на 180° .

Результаты выполнения поверки цилиндрического уровня теодолита необходимо представить в отчете в виде табл. 3.1.

Таблица 3.1

Результаты поверки цилиндрического уровня теодолита

Номер определения	Число делений отклонения пузырька после поворота на 180° (указать)		Результат поверки
1	3		Не пройдена
2	1		Пройдена

Поверка № 2. Визирная ось зрительной трубы должна быть перпендикулярна к оси вращения трубы (определение коллимационной погрешности).

1. Выбрать (или отметить) на сооружении или строении точку, удаленную не менее чем на 50 м, приблизительно на высоте, равной высоте прибора.

2. Навести пересечение сетки нитей зрительной трубы при положении теодолита «круг слева» (КЛ) на данную точку.

3. Закрепить алидаду и зрительную трубу, регулируя ее наводящими винтами (при необходимости) для более точного совпадения при наведении на точку, взять отсчет по горизонтальному кругу и занести в дневник практики бригадира (КЛ).

4. Перевести трубу через зенит, вновь навести перекрестие сетки нитей зрительной трубы на ту же точку, но при положении теодолита «круг справа» (КП).

5. Закрепить алидаду и зрительную трубу, регулируя ее наводящими винтами (при необходимости) для более точного совпадения при наведении на ту же точку, снять отсчет по горизонтальному кругу и занести в дневник практики бригадира (КП).

6. Вычислить коллимационную погрешность (C) по формуле

$$C = \frac{КЛ - КП \pm 180^\circ}{2}. \quad (3.1)$$

Если величина коллимационной погрешности *не превышает по модулю 2'*, то условие выполнено и прибор прошел данную поверку, если нет – выполняют исправление (юстировку). Результаты выполнения поверки необходимо записать в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Поверка визирной оси теодолита

Номер определения	Отсчеты по горизонтальному кругу		Значение погрешности	Результат поверки
	КЛ	КП		
1	6°10'	186°08'	$C = 1'$	Пройдена
2	12°15'	192°14'	$C = 0,5'$	Пройдена

Юстировка производится в мастерской или преподавателем.

Поверка № 3. *Ось вращения трубы должна быть перпендикулярна к оси вращения алидады теодолита.*

1. От стены на расстоянии 5–20 м установить теодолит в рабочее состояние и на высоте 5–15 м выбрать точку, например точку A (рис. 3.7).

2. После этого зрительную трубу привести в нулевое положение (отсчет по вертикальному кругу $0^\circ 00'$) и отметить на стене проекцию перекрестия сетки нитей, например точку B (рис. 3.7).

3. Затем зрительную трубу перевести через зенит и опять навести на точку, которая была выбрана первоначально (точка A на рис. 3.7), а на стене при нулевом положении отметить вторую проекцию перекрестия сетки нитей.

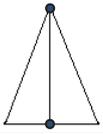
4. *Если намеченные на стене точки совпадают, то исправление не требуется:* прибор прошел поверку.

В противном случае образуются отклонения от линии влево – a_L или вправо – a_R и прибор требует юстировки, которая производится

только в мастерской. Результаты выполнения поверки необходимо записать в табл. 3.3.

Таблица 3.3

Поверка горизонтальной оси теодолита

Номер определения	Расположение точки (указать)	Результат поверки
1		Пройдена

Поверка № 4. Вертикальная нить сетки зрительной трубы должна совпадать с отвесной линией (или быть перпендикулярна оси ее вращения).

1. Наводят вертикальную нить зрительной трубы на хорошо видимую точку *A* (рис. 3.8, *а*).

2. Наводящим винтом смещают ее вниз по высоте (рис. 3.8, *б*).

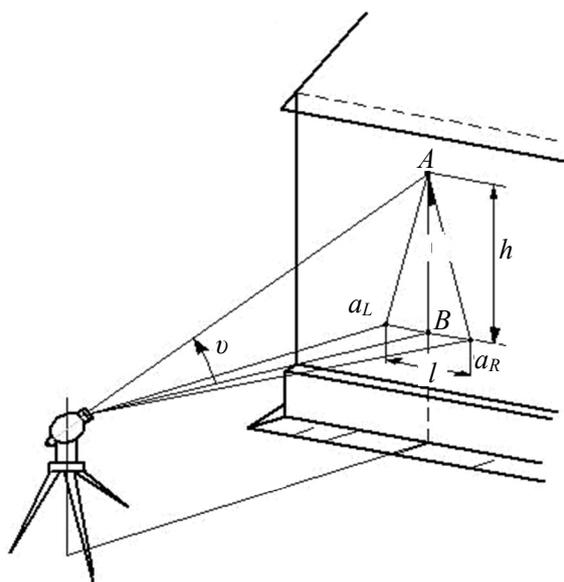


Рис. 3.7. Схема поверки № 3 теодолита

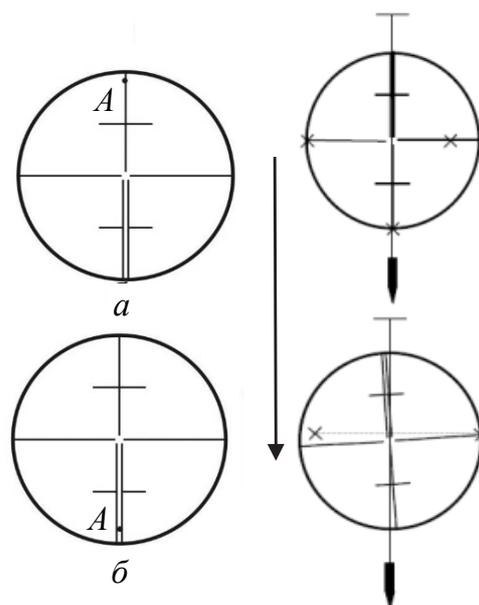


Рис. 3.8. Схема поверки № 4 теодолита

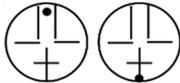
3. Если при этом изображение точки остается на вертикальной нити сетки и не выходит за границы биссектора, то условие выполняется. Значит прибор исправен и прошел поверку.

Если изображение точки не совпадает с вертикальной нитью, нужно выполнить юстировку – ослабить исправительные винты

сетки нитей и развернуть ее в нужном направлении. Результаты выполнения проверки необходимо записать в табл. 3.4.

Таблица 3.4

Проверка сетки нитей теодолита

Номер определения	Расположение точки (указать)	Результат проверки
1		Пройдена

На данном этапе после проведения всех проверок прибор признается исправным и готовым к проведению измерений. Существуют также дополнительные специальные проверки теодолита, которые будут рассмотрены в соответствующем разделе.

3.1.2. Техника измерения горизонтального угла

Технология предусматривает оптимальное участие 4 студентов из бригады (2 человека с вешками, 1 – измеряет и еще 1 – записывает значения). Перед измерением горизонтального угла теодолитом (рис. 3.9) его устанавливают на станции (в вершине измеряемого угла, на начальной точке измеряемой линии и т. д.) в рабочее положение, а на двух смежных вершинах устанавливают вешки (вехи) – это деревянные черенки длиной 1,5–2 м, окрашенные через 20 см в красный и белый цвет (рис. 3.10), которые указывают размещение соответствующих вершин.

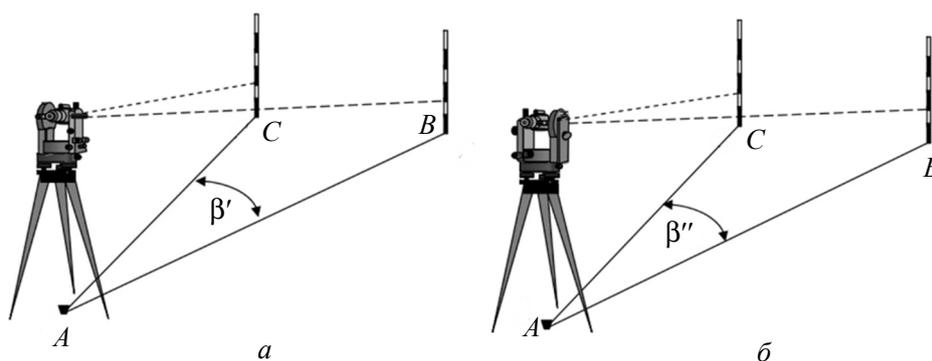


Рис. 3.9. Схема измерения горизонтального угла:
а – круг слева; б – круг справа



Рис. 3.10.
Вешка

Вешки забиваются в землю за колышком или перед ним по направлению оси визирования теодолита либо устанавливаются и

удерживаются на указателе вершины угла (например, на кольшке), при этом установщик вешек становится за вешкой и поддерживает ее в вертикальном положении, одновременно позволяя более быстро обнаружить вешку в зрительную трубу теодолита.

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

1. *Центрирование теодолита* – установка вертикальной оси прибора над вершиной измеряемого угла. Выполняют с помощью отвеса. Для этого сначала ставят штатив так, чтобы центр подставки был примерно над нужной точкой, а плоскость головки – горизонтальна. Только после этого к штативу прикрепляют теодолит. От точности центровки прибора зависит точность измерения углов, которая регламентируется соответствующими инструкциями. С помощью отвеса можно выполнить центрирование теодолита с точностью 0,3 см. Для этого устанавливают теодолит примерно над точкой хода (рис. 3.11), а затем передвигают основание подставки на штативе до точного совпадения острия отвеса с точкой (кольшкой) и зажимают становой винт (см. рис. 3.1).

Центрирование теодолита можно также выполнить с помощью оптического центрира.

Стоит также отметить, что визировать при измерении угла нужно на основание вешки для уменьшения погрешности измерений (рис. 3.12).

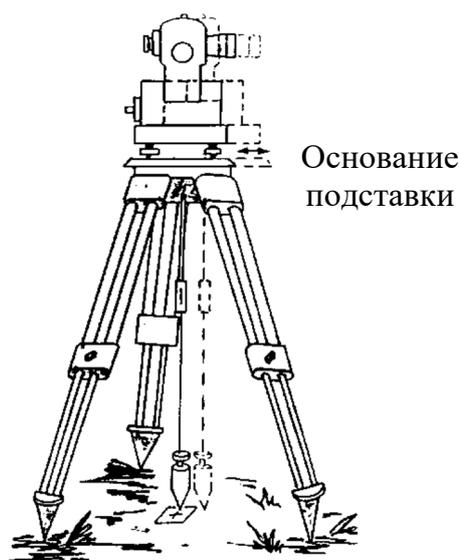


Рис. 3.11. Установка штатива над точкой

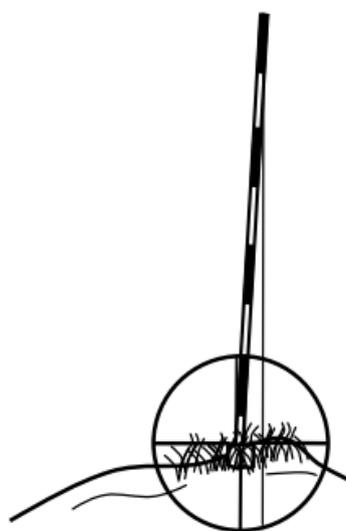


Рис. 3.12. Визирование на вешку

2. *Горизонтирование теодолита* – приведение вертикальной оси прибора в отвесное положение. Выполняется с помощью цилиндрического уровня на алидаде (фактически это выполняется поверка № 1).

Размещают цилиндрический уровень между двумя подъемными винтами (рис. 3.13, 1-е положение) и выводят его на середину. После этого поворачивают алидаду горизонтального круга так, чтобы уровень стал в направлении третьего подъемного винта (рис. 3.13, 2-е положение) и только этим винтом приводят пузырек уровня на середину. При повороте на 180° пузырек уровня не должен отклониться от нуль-пункта более чем на 1–2 деления. Такие действия повторяют несколько раз, пока пузырек уровня не будет смещаться более чем на 2 деления при любом положении алидады.

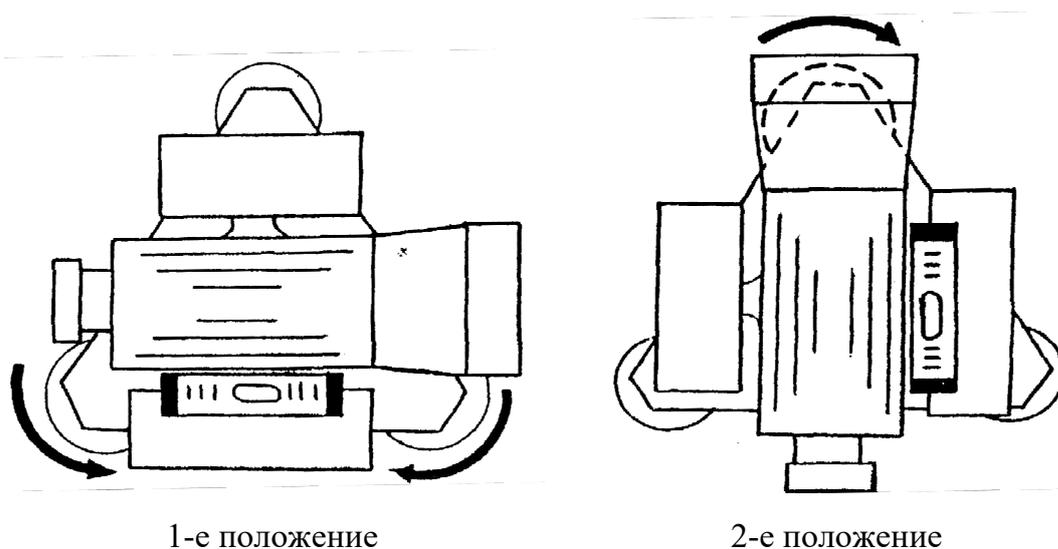


Рис. 3.13. Горизонтирование теодолита

3. *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 выполняют способом приемов. Прием состоит из двух полуприемов – КЛ (круг слева) и КП (круг справа). Работу начинают с установки теодолита над центром указателя (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 основание* вешки (рис. 3.11), берут отсчет по горизонтальному кругу и записывают его величину – Z' .

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

$$\beta' = Z' - P'. \quad (3.2)$$

Эти действия составляют первый полуприем измерений.

3. Зрительную трубу переводят через зенит (т. е. изменяют рабочее положение теодолита), поворачивают верхнюю часть теодолита зрительной трубой в направлении заднего пункта (желательно горизонтальный круг поворачивать на $2-5^\circ$, делая при этом 1–2 оборота наводящего винта, который закреплен на подставке теодолита).

4. Повторяют визирование на вешки заднего и переднего пунктов в той же последовательности (см. п. 2), записывают отсчеты Z'' и P'' . Вычисляют угол: $\beta'' = Z'' - P''$, чем и завершают второй полуприем измерения горизонтального угла.

Примечание. Если $Z < P$, то к отсчету Z добавляют 360° .

5. Если разность β' и β'' не более $2'$, то вычисляют среднее значение горизонтального угла как среднеарифметическое между двумя полуприемами: $\beta_{\text{ср}} = (\beta' + \beta'') / 2$, которое принимают за результат измерения. Таким образом, полный прием измерений горизонтального угла способом приемов считается выполненным. Результаты измерений горизонтальных углов заносятся в «Журнал измерения горизонтальных углов и длин линий».

Для тренировки измерений углов закладывается *пробный тренировочный теодолитный ход*. Разбивается треугольник с расположением вершин на расстоянии 40–60 м друг от друга, которые закрепляются в земле кольшками и сторожками. Измеряются горизонтальные углы методом полуприемов и расстояния, результаты заносятся в табл. 3.5.

Журнал измерения горизонтальных углов способом полуприемов

Номер станции	К р у г	Номер точки	Отсчет по горизонтальному кругу	Разность отсчетов: $\beta' = 3' - П'$; $\beta'' = 3'' - П''$	Горизонтальный угол $\beta_{ср}$	Горизонтальное проложение, м	Абрис
1	П	3	220°40'	76°40'	76°40'	—	
	Л	2	144°00'				
	П	3	40°40'				
	Л	2	324°00'				
2	П	1	256°41'	52°6'	52°7'	50,32	
	Л	3	204°35'			50,30	
	П	1	76°42'	—			
	Л	3	24°34'	58,46			
3	П	2	62°28'	51°13'	51°13,5'	58,45	
	Л	1	11°15'			—	
	П	2	242°30'	51°14'			
	Л	1	191°16'	60,84			
—	f_{β}		0°0,5'	$\sum\beta'$	180°0,5'	60,81	
	$f_{\beta \text{ доп}}$		$\pm 2'$	$\sum\beta_{теор}$	180°00'		

3.2. Устройство нивелира и нивелирных реек

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. 3.14);
- с компенсатором – свободно подвешенная оптико-механическая система, которая приводит визирный луч в горизонтальное положение.

Во время учебной практики для нивелирования пунктов съемочного обоснования используется точный нивелир Н-3 с цилиндрическим уровнем при зрительной трубе (рис. 3.14).

В отличие от теодолита, где снятие отсчетов происходит по расположенным внутри отсчетным приспособлениям, в нивелире отсчеты снимаются с использованием нивелирных реек.

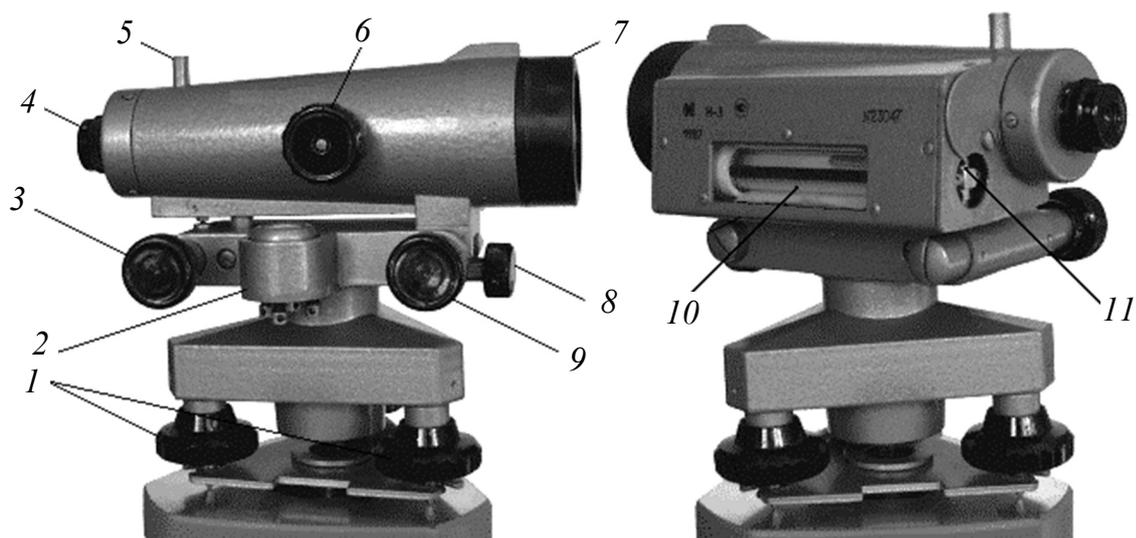


Рис. 3.14. Точный нивелир Н-3

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

Нивелирные рейки и их поверки. Нивелирная рейка (рис. 3.15) служит рабочей мерой для измерения превышений и расстояний. С одной стороны на рейке нанесена шкала черных и белых сантиметровых чередующихся делений (шашек), с другой стороны – красных и белых. Сторону рейки с черно-белыми делениями называют *черной*, а с красно-белыми делениями – *красной*. Шкала рейки разделена на дециметры (10 см), каждый из которых делится на 10 частей (по 1 см). Начало каждого дециметра фиксируется тонким горизонтальным штрихом, от которого строится пятисантиметровая фигура в виде буквы Е. На черной стороне деления начинаются от нуля, который совмещен с нижним концом рейки, а на красной – деления смещены и начинаются, например с 4683, 4795, 4880. Число, с которого начинаются отсчеты по красной стороне рейки, называется *пяткой рейки*.

На практике по геодезии для технического нивелирования применяются складные рейки РН-10-3000С (длиной 3 м), которые должны быть *парными*: отсчеты по шкале красной стороны должны начинаться с *одинакового* значения (например, 4795 мм). Тогда отсчеты по двум сторонам рейки будут разные, а разница отсчетов равна *постоянному числу* (константе).

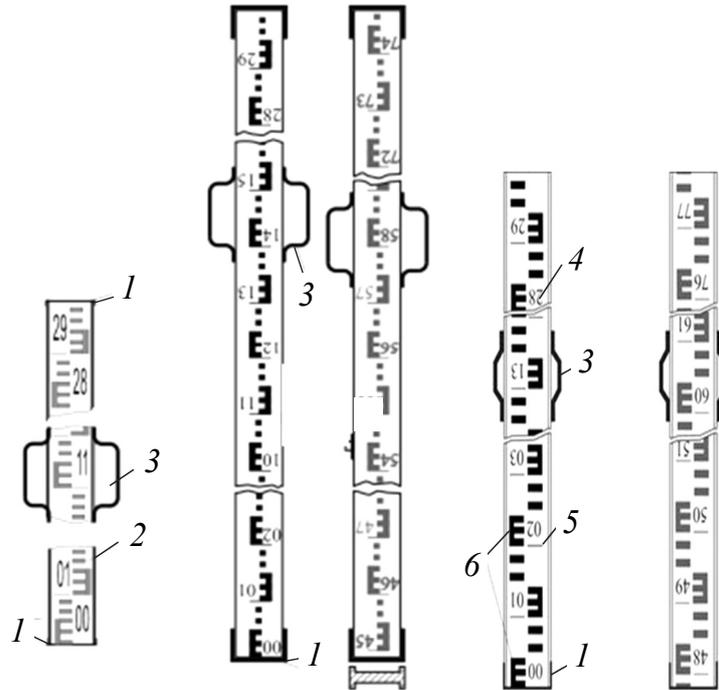


Рис. 3.15. Нивелирные рейки:

- 1 – металлические пластины; 2 – сантиметровая шкала;
 3 – ручки (держатели); 4 – дециметровые числа;
 5 – штрих начала дециметра; 6 – буква Е

Например, если отсчет по черной стороне рейки равен 0250, то по красной – 5045. Разница отсчетов $5045 - 0250 = 4795$ мм, т. е. равна числу, с которого начинается отсчет делений на красной стороне рейки (пятка рейки).

Перед началом полевых работ следует выполнить проверки реек. При их осмотре обращают внимание на крепление ручек, качество цвета шашек и цифр, наличие трещин и сколов на бруске рейки, качество шарнирного соединения и качество металлического крепления концов рейки. Выполняют следующие *основные проверки*:

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.

Снятие отсчета при нивелировании. Для получения значения превышения нужно выполнить следующие действия:

1. Навести зрительную трубу на нивелирную рейку (исправив фокусировку с помощью кремальеры (см. рис. 3.14)), зажать

закрепительный винт (см. рис. 3.14), и с использованием наводящего винта осуществить точную настройку на рейку.

2. Глядя в зрительную трубу влево (рис. 3.16), вывести визирный луч в горизонтальное положение (при негоризонтальном – оптический контакт половинок пузырьков уровня нарушен (рис 3.16, *а, б*) – они будут разными по длине).

Для горизонтирования визирного луча используется элевационный винт (см. рис. 3.14), вращая который, добиться совмещения половинок пузырьков в один с равными по длине частями и образующими в верхней области общий овал (рис. 3.16, *в, г*).

3. Снять отсчет из зрительной трубы по рейке. Отсчеты по рейкам (рис. 3.16, *в, г*) производят сверху вниз по *средней горизонтальной нити* нивелира. Для удобного снятия отсчета сантиметровые деления объединены в группы по пять в виде буквы **Е** (это 5 см). Начало каждого дециметрового деления отмечено риску и подписано двузначным числом, например 01, 02, 03 и т. д.

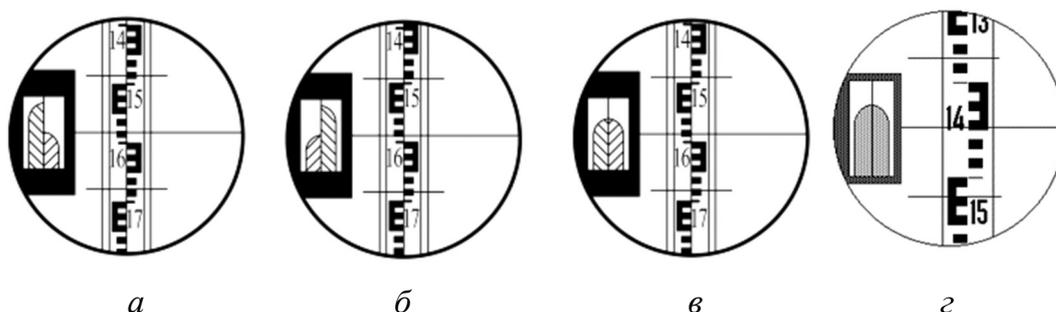


Рис. 3.16. Поле зрения зрительной трубы нивелира Н-3 при положениях пузырька цилиндрического уровня вне нуля-пункта – ошибка (*а, б*) и в нуля-пункте (*в, г*)

Отсчет берется *в миллиметрах* и всегда выражается *четырёхзначным* числом:

- 1-я и 2-я цифры – номер дециметра;
- 3-я цифра – число полных пашечных сантиметровых делений от начала дециметра до средней нити;
- 4-я цифра – число миллиметров с точностью ± 1 мм (десятые доли следующего сантиметрового деления).

Так, на рис. 3.16, *в* отсчет по рейке равен: 15 дм + 8 см + 8 мм = **1588** мм, а на рис. 3.16, *г*: 14 дм + 4 см + 9 мм = **1449** мм.

Примечание. Нивелиры с цилиндрическими уровнями требуют тщательной установки по уровню при работе с ними и постоянного контроля положения пузырька уровня при взятии отсчетов.

3.2.1. Поверки нивелира с уровнем

Перед началом полевых работ тщательно проверяют исправность всех деталей прибора, штатива и рейки. Главное условие, предъявляемое к нивелиру, – это горизонтальность визирной оси. Для обеспечения этого требования перед началом работ необходимо выполнить поверки и произвести при необходимости юстировки нивелира.

Поверка № 1. Ось круглого уровня должна быть параллельна оси вращения нивелира.

1. Закрепить нивелир на штативе. Ножки штатива вдавить в землю, при этом площадка головки штатива должна занимать на глаз горизонтальное положение.

Примечание. Нивелир закрепляют становым винтом (рис. 3.14, 3.17, а), закручивая его умеренно без перетяжки во избежание износа резьбы подъемных винтов подставки и деформации пружинящей пластины (трегера).

2. Расположить зрительную трубу параллельно двум подъемным винтам подставки нивелира (рис. 3.17, б).

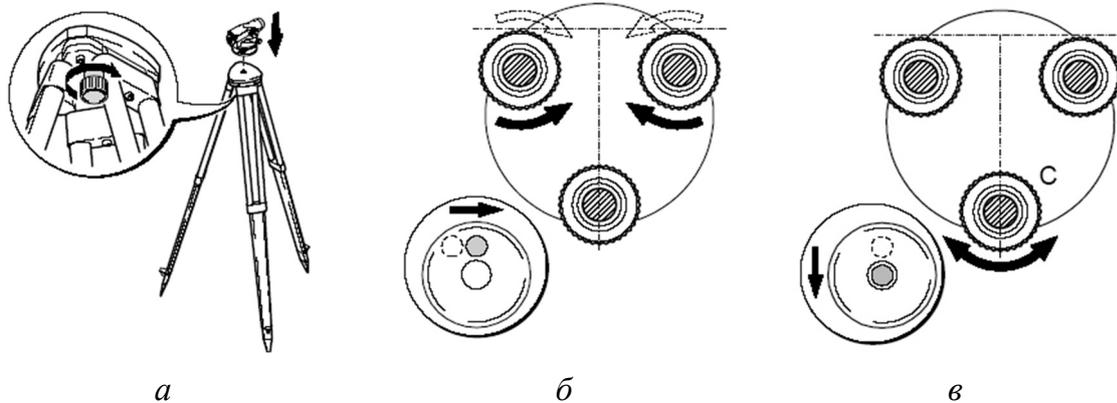


Рис. 3.17. Поверка № 1 круглого уровня нивелира

3. Поочередным вращением подъемных винтов привести пузырек круглого уровня в нуль-пункт (рис. 3.17, в).

4. Повернуть зрительную трубу вокруг оси вращения нивелира на 180° . Если пузырек уровня не пересекает внешнюю окружность ампулы, то условие поверки выполнено.

В противном случае выполняется юстировка – исправительными винтами уровня перемещают пузырек к нуль-пункту на половину величины его отклонения. После юстировки поверку повторяют.

Результаты выполнения поверки необходимо записать в табл. 3.6.

Таблица 3.6

Поверка сетки нитей теодолита

Номер определения	Расположение пузырька (указать)		Результат поверки
	до поворота	после поворота на 180°	
1			Пройдена
2			Пройдена

Поверка № 2. Средняя горизонтальная нить сетки нитей должна быть перпендикулярна к оси вращения нивелира.

1. Навести нивелир на рейку. Элевационным винтом привести пузырек цилиндрического уровня в нуль-пункт.

2. Установить отвесно нивелирную рейку на колышек на расстоянии 15–20 м от нивелира.

3. Наводящим винтом трубы сдвинуть изображение рейки влево и снять отсчет по средней горизонтальной нити (рис. 3.18).

4. Сдвинуть изображение рейки вправо и снять отсчет по средней горизонтальной нити.

5. Если разность отсчетов не превышает 2 мм, то прибор прошел поверку.

Если разность больше 2 мм, то прибор неисправен, но юстировка не производится на месте, а прибор сдается в мастерскую. Результаты выполнения поверки необходимо записать в табл. 3.7.

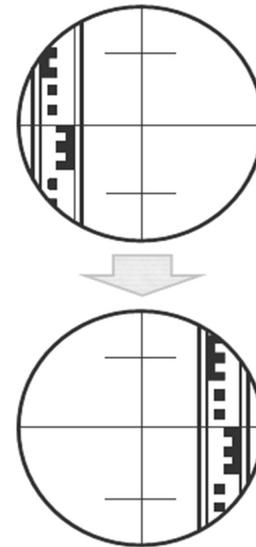


Рис. 3.18. Поверка сетки нитей нивелира

Таблица 3.7

Поверка сетки нитей нивелира

Номер определения	Отсчет		Результат поверки
	с левой стороны	с правой стороны	
1	1342	1342	Пройдена

Поверка № 3 (основная). Ось цилиндрического уровня должна быть параллельна визирной оси зрительной трубы (главное условие).

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

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

1. На расстоянии 50–80 м друг от друга в землю забить два колышка (точки A и B) и установить на них отвесно нивелирные рейки нулем вниз (рис. 3.19) или же прочно прикрепить две рейки в вертикальном положении в противоположных местах к ограде стадиона вблизи футбольных ворот.

2. Между точками A и B , на одинаковых расстояниях от них, установить на штативе нивелир (станция 1, рис. 3.19).

3. Привести нивелир в рабочее положение (выполнить поверку № 1 нивелира).

4. Одна из реек считается задней (A), а вторая – передней (B). Снять отсчеты a_1 и b_1 по черным сторонам реек, установленным в точках A и B (пример снятия отсчетов указан на рис. 3.16, в, г).

5. Отсчеты a_1 и b_1 по рейкам перепроверить всем остальным членам бригады и записать в тетрадь-дневник практики, затем вычислить верное превышение: $h_1 = a_1 - b_1$.

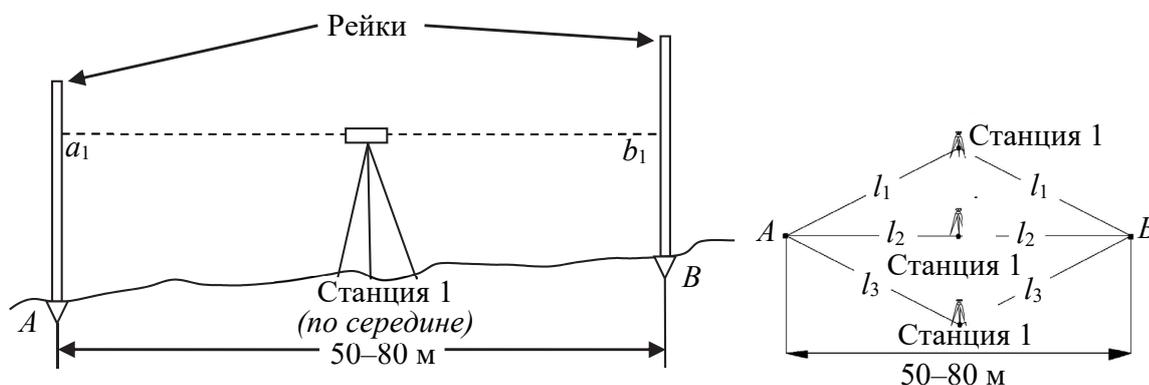


Рис. 3.19. Поверка № 3 нивелира (расположение станции 1)

6. Перенести нивелир к задней точке A и установить его на расстоянии 4–6 м от этой точки (станция 2, рис. 3.20).

7. Привести нивелир в рабочее положение (выполнить поверку № 1 нивелира).

8. Снять отсчеты a_2 и b_2 по черным сторонам реек, установленным в точках A и B .

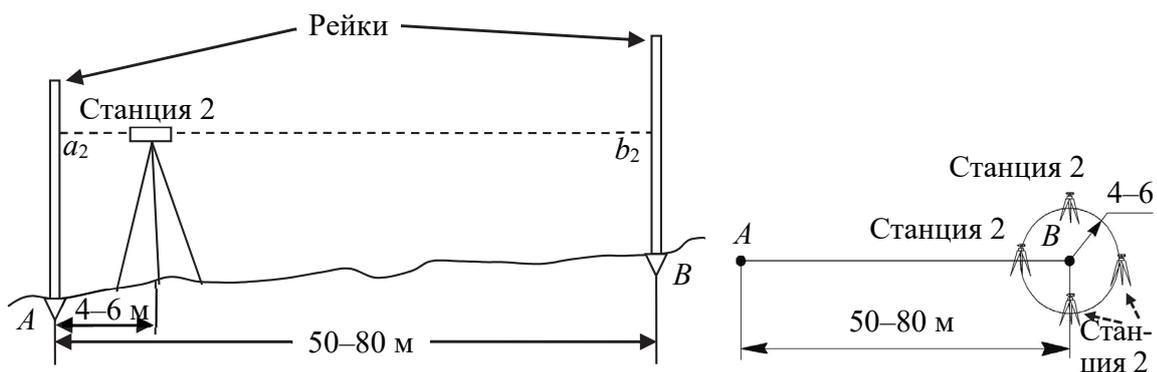


Рис. 3.20. Поверка № 3 нивелира (расположение станции 2)

9. Отсчеты a_2 и b_2 по рейкам перепроверить всем остальным членам бригады и записать в тетрадь дневник-практики, затем вычислить повторное превышение: $h_2 = a_2 - b_2$.

При соблюдении главного условия превышения h_1 и h_2 не должны отличаться более чем на ± 5 мм, что означает прохождение нивелира поверки. В противном случае необходимо выполнить юстировку прибора.

Результаты измерений и вычислений занести в таблицу, аналогичную табл. 3.8.

Таблица 3.8

Поверка главного условия нивелира Н-3

Установка нивелира	Отсчеты по рейкам в точках, мм		Превышения, мм		Вычисления (результат)
	a	b	h	$h_{\text{ср}}$	
Посередине (между рейками)	1720	1210	+510	+511	$h_1 = +511$ мм
	6422	5010	+512		$h_2 = +517$ мм
	4702	4700	–		$x = h_2 - h_1 = +6$ мм (ошибка)
Результат поверки					<i>Не пройдена</i>
Юстировка					
В 4 м от рейки	1533	1017	+516	+517	$b'_2 = a_2 - h_1 =$ $= 1533 - 6 = 1527$ мм
	6236	5718	+518		
	4703	4701	–		
Результат поверки после юстировки					<i>Пройдена</i>

После проведения всех поверок для тренировки измерений превышений закладывается *пробный (тренировочный) нивелирный ход*. Разбивается произвольный треугольник с расположением вершин его на расстоянии 50–80 м друг от друга, с закреплением их

в земле колышками и сторожками. Измеряется превышение методом «из середины» (см. п. 3.2.2), результаты заносятся в табл. 3.9.

Таблица 3.9

Журнал измерения превышений

Номер		Отсчеты по рейкам, мм			Превышения, мм		Абрис
станции	точки	задней З' / З"	передней П' / П"	промежу- точной	$h' = З' - П'$ $h'' = З'' - П''$	среднее $h_{ср}$	
1	1	1503					
		6305			+103		
	2		1400		+107	+105	
			6198				
2	2	1372					
		6175			-60		
	3		1432		-57	-58,5	
			6232				
3	3	1407					
		6207			-33		
	1		1440		-33	-33	
			6240				
-	-	f_h	+13,5 мм	-	$\Sigma h_{ср}$	+13,5 мм	
-	-	$f_{h доп}$	$\pm 17,3$ мм	-	$\Sigma h_{теор}$	0 мм	

3.2.2. Техника измерения превышений

Нивелированием называется процесс измерения превышений с целью определения высот точек. При нивелировании значения известных высот от исходных точек передают 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. Его выполняют, используя нивелир и нивелирные рейки, которые устанавливают вертикально и по ним снимают отсчеты.

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

Нивелирование «из середины» – основной способ геометрического нивелирования (рис. 3.21). На начальной (задней) и определяемой

(передней) точках ставят отвесно рейки, пятка которых начинается с минимальных значений снизу и увеличивается вверх. Между рейками ставят нивелир, визирную ось которого приводят в горизонтальное положение (поверка нивелира № 1).

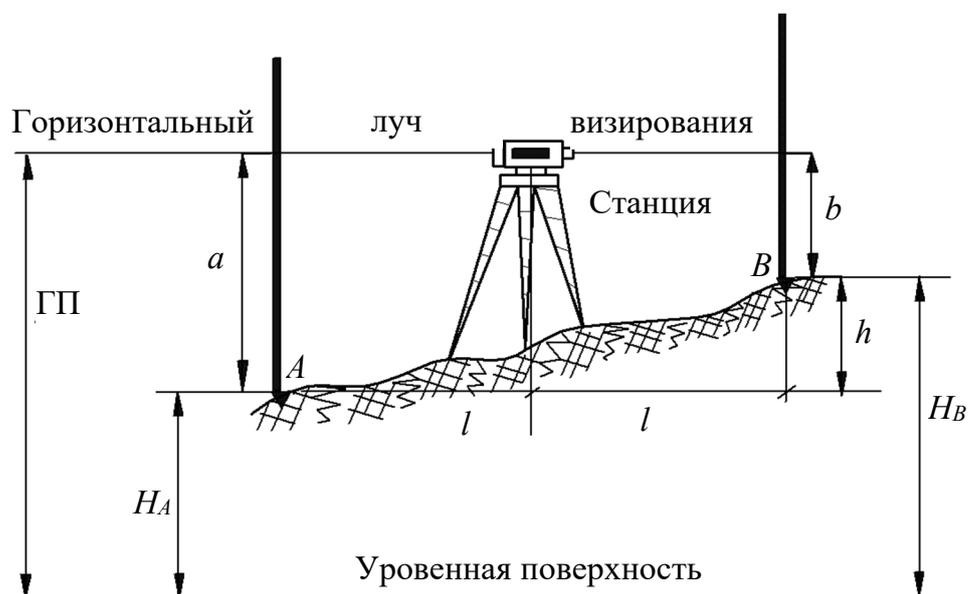


Рис. 3.21. Нивелирование «из середины»

Зрительную трубу нивелира наводят последовательно на заднюю A , а затем на переднюю B точки и берут отсчеты a и b .

Превышение вычисляют по формуле

$$h = a - b = \text{З} - \text{П}. \quad (3.3)$$

Если передняя точка расположена выше, то $h_{AB} > 0$, в противоположном случае $h_{AB} < 0$.

Важно! Обычно для контроля превышение измеряют дважды – сначала по черным сторонам реек, затем по красным. Вычисляют два превышения, которые *не должны отличаться более чем на ± 5 мм*. Если это условие соблюдается, то за окончательный результат принимают среднее из двух превышений. В противном случае перепроверяют константу реек и отсчеты по ним.

При изыскании линейных сооружений производят нивелирование их трасс способом геометрического нивелирования «из середины». Результаты измерения заносят в «Журнал технического нивелирования» (см. подраздел 4.1.3, с. 70).

Нивелирование «вперед». При использовании данного метода нивелир устанавливают в точке A так, чтобы окуляр зрительной трубы располагался на отвесной линии в этой точке (рис. 3.22).

Измеряют *высоту прибора* (i) – расстояние по отвесной линии визирного луча (центра окуляра зрительной трубы) до геодезического знака (колышка) на поверхности (рис. 3.22). Для измерения высоты нивелира на центр геодезического знака устанавливают отвесно нивелирную рейку, черная сторона которой должна быть обращена к окуляру зрительной трубы нивелира и располагаться от него не далее 1–2 см. С нее снимается отсчет (высоту прибора можно также измерить рулеткой).

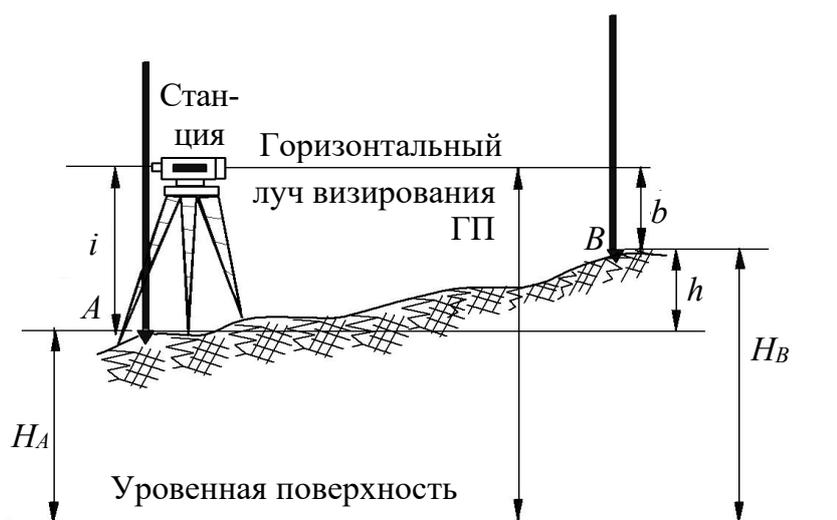


Рис. 3.22. Нивелирование «вперед»

Определяют отсчет по рейке, который и будет высотой нивелира. Рейку переносят в точку B , где отвесно устанавливают ее на центр геодезического знака (колышка).

Превышение находят по формуле

$$h = i - b = i - П. \quad (3.4)$$

Превышение будет положительным, если $i > b$, и отрицательным при $i < b$.

Примечание. При невозможности передачи высоты от точки A к точке B с одной станции, прокладывают нивелирный ход, т. е. выполняют последовательное нивелирование (рис. 3.23). При этом линию AB делят на отрезки, превышения h_i концов которых определяют методом геометрического нивелирования «из середины».

В нивелирном ходе различают 3 группы точек.

1. *Связующие точки* – такие геодезические пункты, которые нивелируются по двум сторонам рейки (их отметки вычисляются через увязанные превышения) и участвуют в передаче высоты по ходу.

2. *Промежуточные (плюсовые) точки* – закрепленные пункты, которые нивелируются с одной станции по одной стороне рейки и высоты которых определяют для отображения отдельных форм рельефа (не участвуют в передаче высоты).

3. *Иксовые точки* – это вспомогательные связующие точки, определяемые условиями видимости либо значительным перепадом высот.

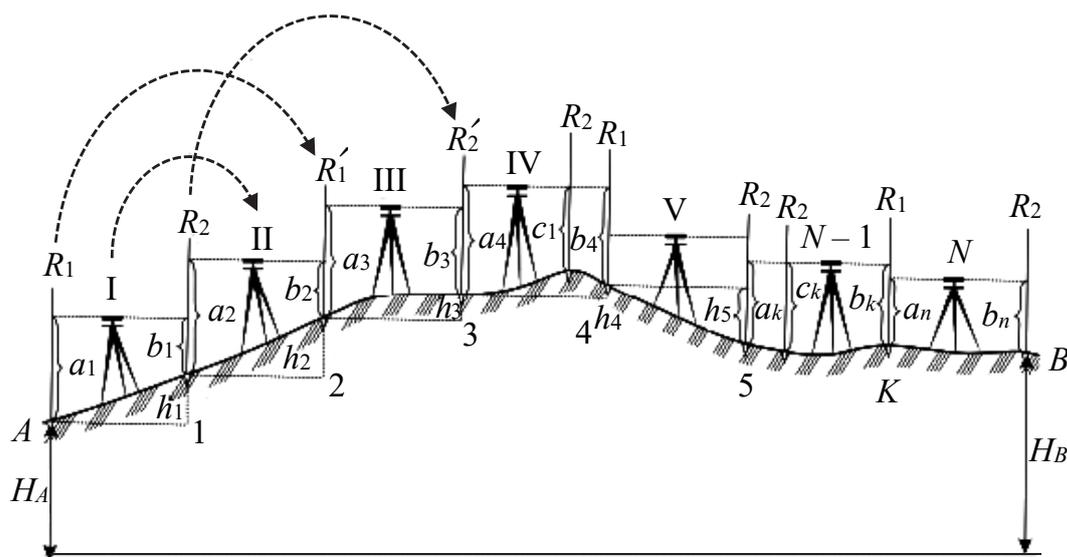


Рис. 3.23. Последовательное нивелирование

Точки, где устанавливается нивелир, называются *станциями*.

Промежуточные (плюсовые) точки. В геодезии часто возникает необходимость нивелировать точки, находящиеся либо в стороне от линии нивелирного хода, либо между связующими точками, которые подчеркивают особенности рельефа местности. Такие точки называются промежуточными (например, ПК 4 + 13,7, рис. 3.24). Их отметки (H) вычисляются через ГП – горизонт прибора только после вычисления высотных отметок основных связующих точек (рис. 3.24, а, ПК 4 и ПК 5). *Горизонтом прибора* называется расстояние от уровенной поверхности до визирной оси нивелира.

То есть горизонт прибора равен абсолютной отметке точки плюс отсчет по черной стороне рейки, установленной на этой точке. Для контроля горизонтов прибора нужно высчитать два значения: горизонт прибора при визировании на переднюю рейку и при визировании на заднюю. Разница между двумя значениями ГП не должна превышать 5 мм.

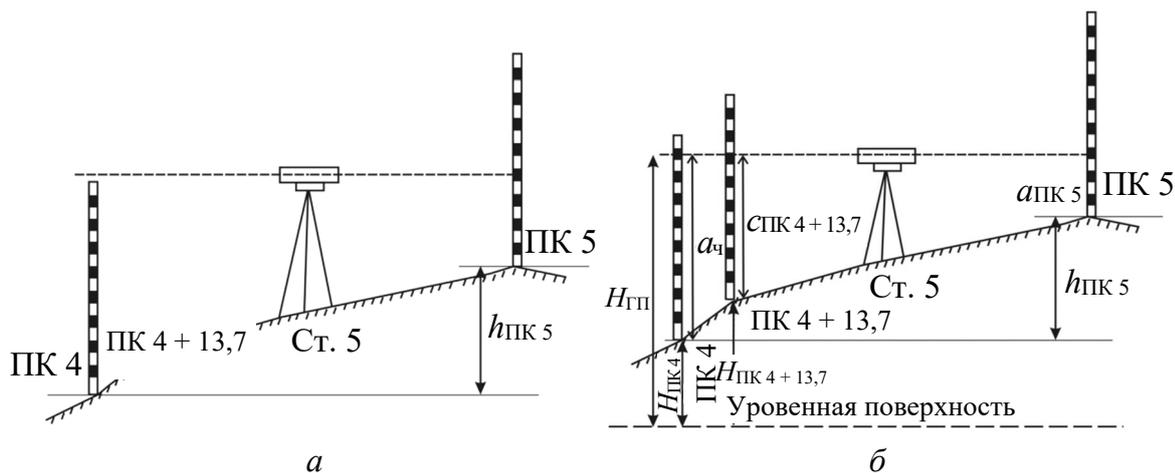


Рис. 3.24. Нивелирование промежуточных точек

Рассчитав средний горизонт прибора, можно определить абсолютную отметку промежуточной точки, как разность $\Gamma\Pi_{\text{ср}}$ и отсчета по черной стороне рейки (выражен в метрах) на данную точку:

$$\Gamma\Pi_1 = H_{\text{задняя}} + З_{\text{черн}}; \quad (3.5)$$

$$\Gamma\Pi_2 = H_{\text{передняя}} + П_{\text{черн}}. \quad (3.6)$$

Контроль: $\Gamma\Pi_1 - \Gamma\Pi_2$ не более $\pm 0,005$ м.

$$\Gamma\Pi_{\text{ср}} = \frac{\Gamma\Pi_1 + \Gamma\Pi_2}{2}. \quad (3.7)$$

Отметка промежуточной точки определяется по формуле

$$H_{\text{пром}} = \Gamma\Pi_{\text{ср}} - a_{\text{пром. черн}}. \quad (3.8)$$

Пример: необходимо определить абсолютную отметку ПК 4 + 13,7, расположенную между точками ПК 4 и ПК 5 (рис. 3.24, а). Вычислим для этого высотные отметки $H_{ПК 4}$ и $H_{ПК 5}$ и рассчитаем горизонт прибора: $\Gamma\Pi_{1 \text{ ст } 5} = H_{ПК 4} + a_{ч \text{ ПК } 4}$; $\Gamma\Pi_{2 \text{ ст } 5} = H_{ПК 5} + a_{ч \text{ ПК } 5}$. Затем определим среднее значение: $\Gamma\Pi_{\text{ср ст } 5} = (\Gamma\Pi_{1 \text{ ст } 5} + \Gamma\Pi_{2 \text{ ст } 5}) / 2$.

Устанавливаем рейку на промежуточную точку (ПК 4 + 13,7, рис. 3.24, б) и снимаем отсчет по черной стороне, получаем $С_{ч \text{ ПК } 4 + 13,7}$. Абсолютная отметка ПК 4 + 13,7 равна $H_{ПК 4 + 13,7} = \Gamma\Pi_{\text{ср ст } 5} - С_{ч \text{ ПК } 4 + 13,7}$.

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

Тригонометрическое нивелирование – метод определения превышений путем предварительно измеренного угла наклона и длины наклонной линии визирования (или ее проекции на горизонтальную

плоскость) с использованием теодолита (тахеометра) и нивелирной рейки (рис. 3.25).

Для этого в точке A устанавливают теодолит (приводят его в рабочее положение), в точке B – нивелирную рейку. Рулеткой или рейкой измеряют высоту теодолита (i) и отмечают ее на рейке, расположенной в точке B .

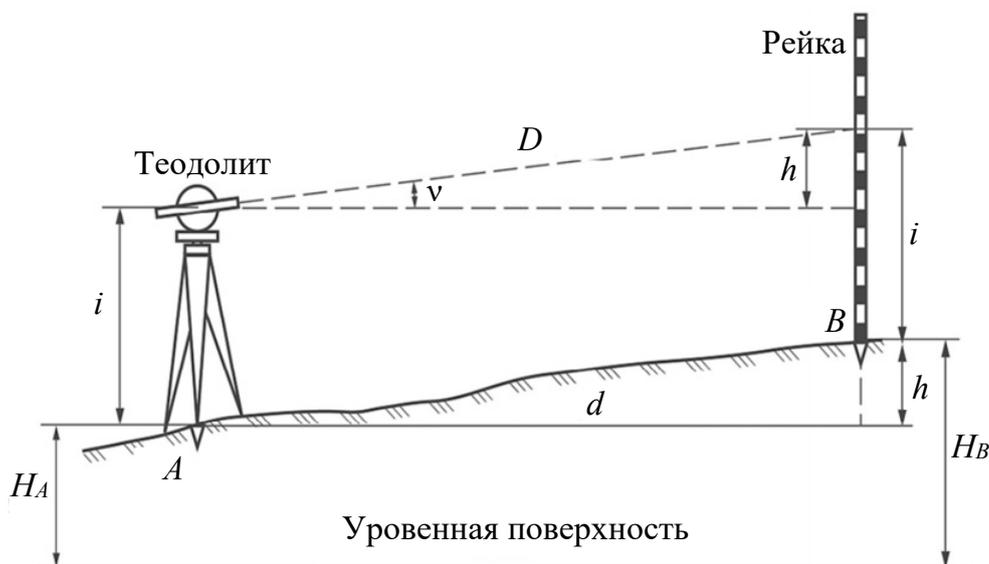


Рис. 3.25. Тригонометрическое нивелирование

С использованием наводящих винтов при круге слева (КЛ) наводят сетку нитей теодолита на отметку высоты теодолита (i) на рейке (в точке B). С помощью вертикального круга теодолита определяют угол наклона (v) визирной оси трубы.

Примечание. Можно также наводить на любую иную точку на рейке (расстояние от этой точки до пятки рейки называется *высотой визирования*), но при этом поменяется формула для расчета превышения (более подробно будет рассмотрено в разделе 4.4).

Длину линии AB измеряют лентой (d) или дальномером (D). Превышение находят по формулам:

– если известно горизонтальное проложение (d), тогда

$$h = d \cdot \operatorname{tg} v; \quad (3.9)$$

– если расстояние измерено дальномером (D), то сначала можно рассчитать горизонтальное проложение (d)

$$d = D \cdot \cos^2 v; \quad (3.10)$$

а затем, подставив в формулу (3.9) формулу (3.10), получить

$$h = D \cdot \cos^2 v \cdot \operatorname{tg} v = 1/2 \cdot D \cdot \sin (2v). \quad (3.11)$$

Преимуществом такого нивелирования является возможность определения высот труднодоступных точек без ограничения угла наклона линии визирования к горизонту и дальности расстояния. Точность такого нивелирования ниже в сравнении с геометрическим.

Широкое применение тригонометрического нивелирования наблюдается при топографической съемке, на которой определяются высоты пунктов. Данный вид нивелирования позволяет установить разности высот в значительной мере удаленных друг от друга пунктов (если между ними существует оптическая видимость).

3.3. Землемерные ленты, рулетки

Расстояния в геодезии измеряют мерными приборами и дальномерами. Мерными приборами называют ленты, рулетки, инварные ленты (проволоки). При измерении расстояния их укладывают в створ измеряемой линии.

Мерная лента – это стальная полоса длиной 20 м, шириной 15–20 мм и толщиной 0,4–0,6 мм (рис. 3.26).

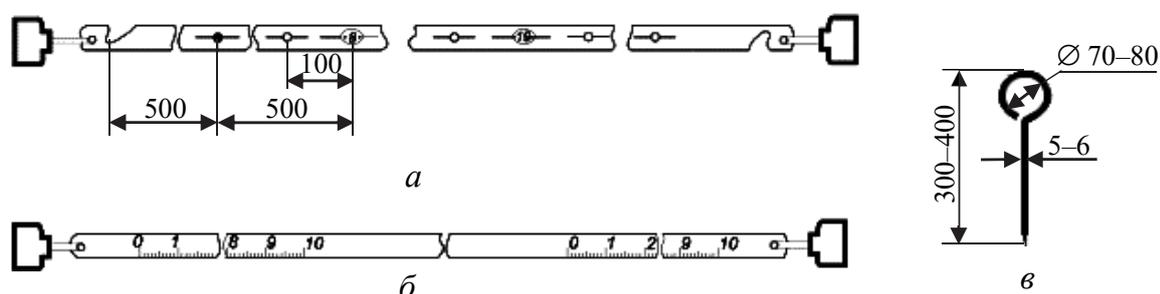


Рис. 3.26. Мерные ленты (а, б) и шпильки (в)

По конструкции различают штриховые (рис. 3.26, а) и шкаловые (рис. 3.26, б) мерные ленты. При измерении расстояний к ленте (рулетке) прилагается комплект из 6 (или 11) шпилек (рис. 3.26, в).

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

3.3.1. Компарирование землемерных лент

Перед началом полевых работ по измерению длин линий землемерные ленты и рулетки следует проверить – прокомпарировать (рис. 3.27).



Рис. 3.27. Компарирование землемерных лент (рулеток)

Компарированием называется процесс сравнения фактической (рабочей) длины мерного прибора с нормальной, т. е. с длиной, которая известна точно (эталон). Компарирование (эталонирование) выполняют на полевых или лабораторных компараторах, а также путем непосредственного сравнения (рис. 3.27) на местности рабочей и нормальной (длина которой известна с высокой точностью) мер.

В производственных условиях мерные приборы чаще всего компарируют на полевых компараторах. Они представляют собой выровненные участки местности преимущественно с твердым покрытием. Концы компаратора закрепляют знаками со специальными метками, расстояние между которыми известно с большой точностью. Уложение мерных приборов (ленты или рулетки) ведут в прямом и обратном направлениях и определяют поправку из-за компарирования. Если длина отличается от истинной более чем на 1:1000, то при измерении расстояний следует вводить поправку.

Поправка на компарирование находится по следующей формуле:

$$\Delta l_k = \frac{l_0 - l_\Sigma}{n}, \quad (3.12)$$

где l_0 – длина полевого компаратора; l_Σ – длина компаратора, измеренная рабочим прибором; n – число отложений мерного прибора при измерении компаратора.

3.3.2. Техника измерения расстояний

Подготовительные работы при измерении расстояний. Измерение длин линий производится путем последовательной укладки ленты (или рулетки) между точками, которыми она закреплена. Перед измерением линию необходимо подготовить – расчистить от кустарника, высокой травы. В процессе измерений лента должна укладываться в *створе* – отвесной плоскости, проходящей через конечные точки линии. Створ линии указывается на местности с помощью вешек, которые устанавливаются в конечных точках этой линии (рис. 3.28, 3.29, а).

Если длина линии между точками превышает 100–200 м, то в створе выставляют дополнительные вешки, что ограничивает

отклонения при измерениях. Установка в створе измеряемой линии дополнительных вех называется *провешиванием* линии (рис. 3.28).

Установка промежуточных точек в створе прямой линии производится, как правило, *двумя* замерщиками: *наблюдателем* и *помощником*. Провешивание линии может производиться двумя способами: «от себя» и «на себя» (последний является более предпочтительным с точки зрения удобства работ, так как в этом случае ранее установленные вешки не перекрывают обзор).

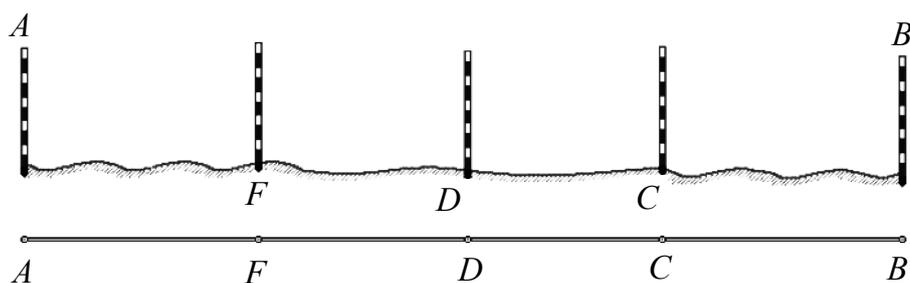


Рис. 3.28. Схема провешивания линии способом «на себя»

При наличии взаимной видимости между конечными точками провешивание «на себя» выполняется так: наблюдатель становится в 2–3 шагах от вешки *A*, а помощник отходит на необходимое расстояние от вешки *B* в створе провешиваемой линии (например, в точке *C*, т. е. установка начинается с дальнего конца линии) и смотрит вдоль створа линии (рис. 3.29), чтобы ближняя вешка закрывала дальнюю.

Его помощник по сигналам наблюдателя выставляет на вытянутой в сторону руке и затем закрепляет в створе линии промежуточные вехи. О необходимости перемещения вехи вправо или влево, пока она точно не станет в створ линии, наблюдатель указывает рукой (или голосом). Помощник должен ставить и закреплять вехи отвесно, контролируя положение их основания, которое тоже должно быть в створе.

После установки всех вешек наблюдатель контролирует створ, причем в необходимых случаях положение вешки может быть изменено. Провешивание линии через естественные препятствия (овраг, холм) имеет свои характерные особенности.

Техника измерения расстояний. Для измерения длин линий при создании геодезического обоснования применяют стальную 20-метровую ленту ЛЗ-20 или рулетку. Работы выполняют 2 замерщика (рис. 3.29, б) – *передний* и *задний* (направляющий и ведущий записи измерений).

В комплект ленты входят 6 (или 11) стальных шпилек (см. рис. 3.26, в) на кольцо для фиксации концов ленты. Ленту аккуратно разматывают в направлении измеряемого отрезка линии (*максимальное значение на ленте должно быть обращено к концу отрезка этой линии*).

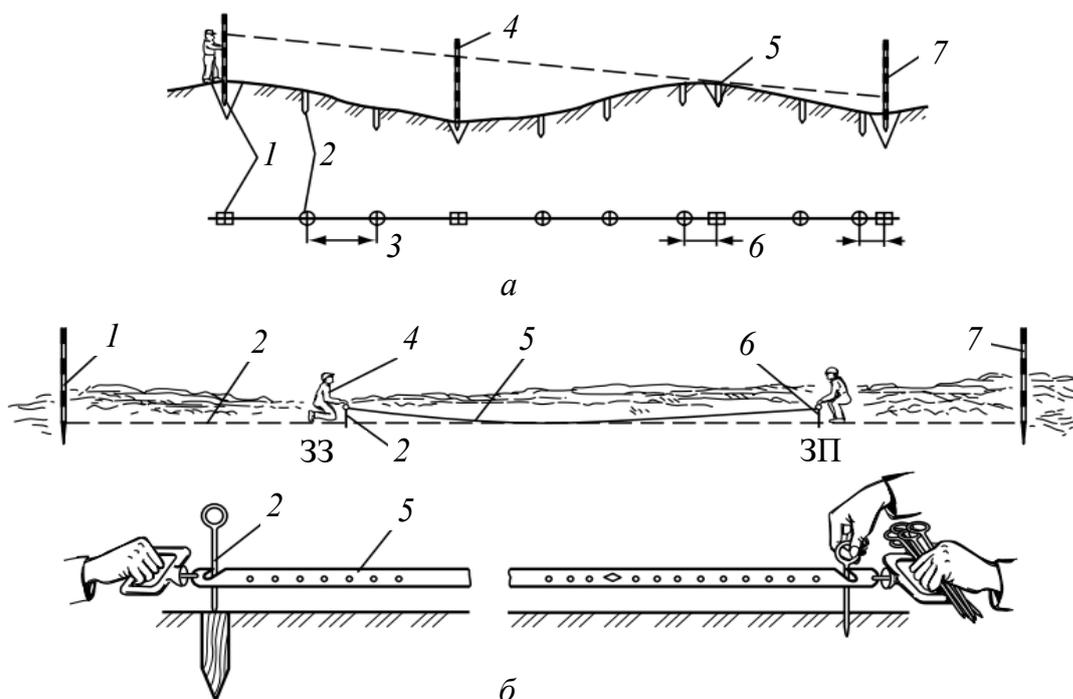


Рис. 3.29. Провешение линий и измерение расстояний:

а – профиль и план; *б* – измерение линии;

1, 4, 7 – вехи; 2 – шпильки; 3, 6 – замеры расстояний; 5 – землемерная лента;

3З – замерщик задний; 3П – замерщик передний

Передний замерщик в начале измерения берет 5 шпилек, а у заднего одна шпилька и кольцо для шпилек.

Задний замерщик втыкает вертикально шпильку 2 (рис. 3.29, б) в землю рядом с кольшком относительно центра 1 в начале измеряемого отрезка. Фиксирует ленту, зацепляя ее за шпильку вырезом, убедившись, что подписи метровых делений возрастают в направлении переднего ее конца, и прижимает ленту ногой (или рукой) за ручку к земле. Передний замерщик тянет ленту за ручку правой рукой стараясь попасть в створ линии, а в левой находятся 5 оставшихся шпилек.

Задний замерщик корректирует направление движения переднего в створе, т. е. по направлению точно на переднюю вешку пока не закончится длина ленты. По команде (рукой) заднего замерщика передний смещает конец ленты (понемногу влево или вправо) до совпадения со

створом линии (рис. 3.29). Встряхивая ленту и натягивая ее, он фиксирует конец ленты шпилькой, вставляя ее в вырез и «ввинчивая» в землю.

Важно! Лента при снятии отсчета должна быть натянута, не иметь прогибов и перегибов, если есть препятствие, то лента должна натягиваться поверх препятствия, параллельно земной поверхности.

Передний замерщик подает команду заднему об окончании действий по откладыванию первой длины ленты и тот вынимает шпильку и надевает на кольцо.

Затем передний замерщик снимает ленту со шпильки, которая остается в земле, и идет по направлению измерения линии на длину ленты l , держа ее за ручку, а второй замерщик корректирует направление его движения и сам идет к воткнутой в землю шпильке.

Такое откладывание ленты в створе измеряемой линии продолжают, пока у переднего замерщика не останется в руке ни одной шпильки, а у заднего на кольце не будет надето 5 шпилек. В этом случае выполняется передача шпилек от заднего замерщика к переднему, при этом число передач задний фиксирует в журнале измерений. Это значит, что измерен отрезок, равный $5l = 100$ м при $l = 20$ м.

Подойдя к концу измеряемого отрезка линии местности, измеряют остаток (r) – расстояние от заднего нулевого штриха ленты до центра знака точки B (число метров остатка определяют по оцифровке метровых интервалов – они нанесены на эллипсовидных заклепках, число дециметров считают по круглым отверстиям на ленте, число сантиметров оценивают на глаз, как часть дециметрового интервала).

Полевой результат измерения вычисляется по формуле

$$D = n \cdot l + r, \quad (3.13)$$

где n – число отложений ленты до остатка r .

Расстояние измеряется дважды («прямо» и «обратно»). Допустимое расхождение ΔD первого и второго результатов D' и D'' определяется по их допустимой относительной погрешности, 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

$$\Delta D_v = D \cdot (\cos v - 1). \quad (3.14)$$

Общая длина линии (горизонтальное проложение) при этом будет равна $d = D + \Delta D_v$.

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.

4 ТОПОГРАФИЧЕСКАЯ СЪЕМКА ЧАСТИ ДЕНДРОПАРКА (ЗАСТРОЕННОЙ ТЕРРИТОРИИ)

Совокупность геодезических измерений на земной поверхности для получения плана или карты (или цифровой модели местности) называют *съемкой*. Если по результатам съемки на плане получают положение ситуации, т. е. расположение контуров и предметов на местности, то съемку называют *горизонтальной*, или *контурной*. Если снимается рельеф, то *вертикальной*. Если снимается ситуация и рельеф, то съемку называют *топографической*, т. е. съемке и отображению на топографических планах подлежат все элементы ситуации местности, существующей застройки, благоустройства, подземных и наземных коммуникаций, а также рельеф местности.

Топографическую съемку выполняют с точек местности, положение которых в принятой системе координат известно (или может быть рассчитано). При построении съемочного обоснования одновременно определяют положение точек на плане и по высоте (рис. 4.1).

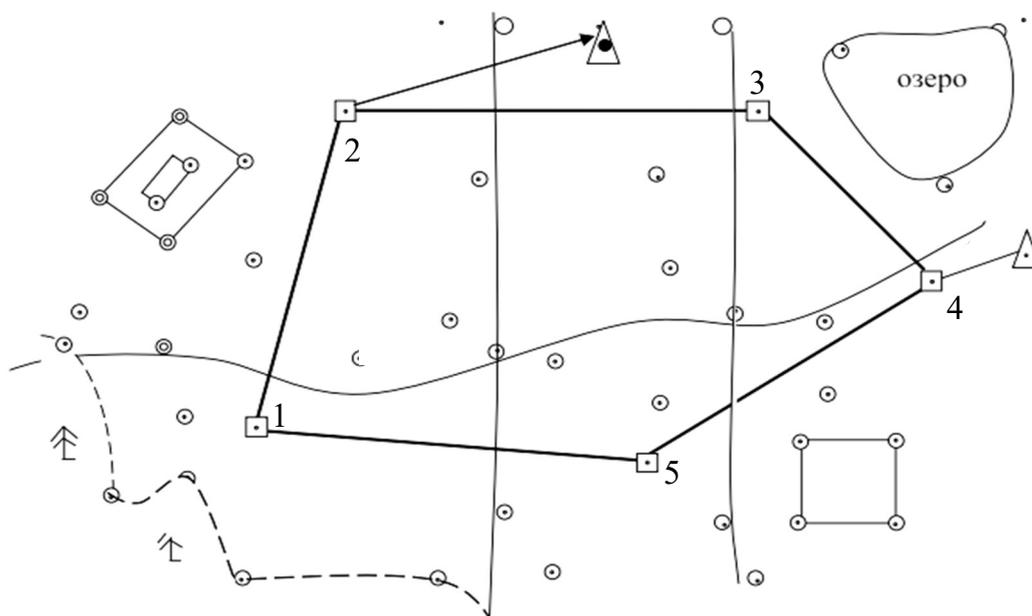


Рис. 4.1. Пример местоположения точек съемочной сети и объектов ситуации

Название вида съемки определяется названием основного прибора, используемого при съемке и способом производства работ. Любые виды топографических съемок требуют создания

планово-высотного съемочного обоснования. Плановое положение точек съемочного обоснования определяют проложением теодолитных и тахеометрических ходов, а высоты точек съемочного обоснования – чаще всего геометрическим и тригонометрическим нивелированием. Топографическая съемка застроенной территории (дендропарка) проводится методом тахеометрической съемки. Для составления топографических планов можно также применять съемку с помощью спутниковых приемников.

Таким образом, съемки ведутся с использованием основного принципа геодезии – от общего к частному: вначале создается съемочное обоснование, где с высокой точностью определяют взаимное расположение и координаты ограниченного числа точек и связывающих их линий (рис. 4.1, точки 1–5). Затем, основываясь на эти опорные точки и линии (съемочную сеть), определяют местоположение большого числа точек, представляющих подробности ситуации и рельефа (или только ситуации, или только рельефа).

Работы завершаются созданием топографических планов или цифровых моделей местности.

4.1. Теодолитная съемка

Получение *контурного плана местности* с помощью теодолита и мерной ленты или рулетки (или дальномера) называется *теодолитной съемкой*. В результате ее получают план местности без изображения рельефа, поэтому теодолитную съемку называют также *горизонтальной съемкой*. На местности выбираются и закрепляются опорные точки, определяются их координаты, и с них ведется съемка ситуации. Совокупность опорных точек называется съемочным обоснованием. Оно строится в виде теодолитных ходов, представляющих собой систему ломаных линий.

Теодолитная съемка начинается с подготовительных работ: *поверки и юстировки (при необходимости) теодолита; полевое компарирование мерной ленты (рулетки); подготовка полевых журналов измерений и абрисов; заготовка деревянных кольщиков и сторожков.*

Для выполнения теодолитной съемки требуется 3–4 студента из бригады для угловых измерений теодолитом и 2–3 человека для линейных измерений лентой. Затем бригадой планируются и выполняются *полевые работы*.

Рекогносцировка (детальное изучение участка местности, подлежащего съемке, в полевых условиях). В результате рекогносцировки отыскиваются на местности реперы, выбирается местоположение вершин теодолитного хода и составляется схема проектируемых теодолитных ходов, ориентированная на север.

Закладка съёмочного обоснования. Оно закладывается на геодезическом полигоне Негорельского учебно-опытного лесхоза, как правило, в виде замкнутого или разомкнутого теодолитного хода (рис. 4.2). Число вершин (станций) – зависит от количества человек (в среднем) в бригаде (по 2–3 точки на одного человека). Теодолитный ход намечается так, чтобы в нем измерялись правые по ходу углы.

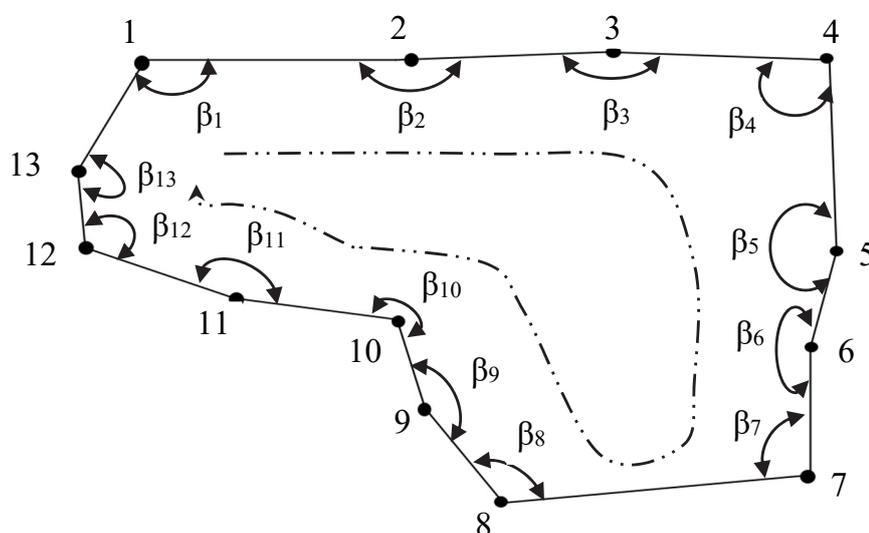


Рис. 4.2. Замкнутый теодолитный ход

Количество пунктов, их взаимное расположение выбирают с таким расчетом, чтобы с этих пунктов можно было снять полностью весь участок (рис. 4.1). При съемке расстояние от пункта основы до снимаемой точки не должно превышать 100 м. Вершины углов поворота теодолитного хода (точки) намечаются со следующими условиями:

- взаимная видимость между соседними точками хода и удобство последующей съемки ситуации (просматриваемость);
- возможность измерения расстояния между точками мерной лентой (рулеткой);
- надежное закрепление точек поворотов колышками со сторожками, на которых указывается номер точки, и их сохранность на период прохождения практики;
- расстояние между точками не менее 30 и не более 300 м.

Закрепление пунктов (вершин) теодолитного хода осуществляется деревянными колышками длиной 10–15 см и опознавательными колами (сторожками) длиной 20–40 см (рис. 4.3), забитыми в землю, при этом они не должны ни создавать препятствий пешеходам и транспортным средствам, ни быть причиной поломки средств травokoшения на местах покоса трав.

За центр пункта принимают центр деревянного колышка, вбитого в землю так, чтобы над землей осталось не более 1 см его длины, при невозможности вбивания необходимо выполнить обваловку (рис. 4.3, а).

На расстоянии 20–30 см от колышка с помощью топора делается окопка глубиной около 5 см в форме, например, прямоугольника (рис. 4.3, а). Пункты очищаются от травы и в один из углов окопки забивается сторожок, желательно под наклоном (рис. 4.3, б), указывающим направление расположения следующей вершины хода; высота сторожка над поверхностью земли должна быть 20–30 см (рис. 4.3).

Сторожки (рис. 4.3) ставят для обозначения пунктов, поэтому их можно выносить в людных местах за границы окопки туда, где более вероятна их сохранность (например, в заросли травы). На одной из граней кола (обращенной к точке и обеспечивающей лучшее визуальное нахождение и чтение) нужно подписать номер пункта, номер бригады (группы): например, «1/51» или «Т1/51» (рис. 4.3, б), где Т – теодолитный (Д – диагональный, П – привязочный, Тх – тахеометрический) ход.

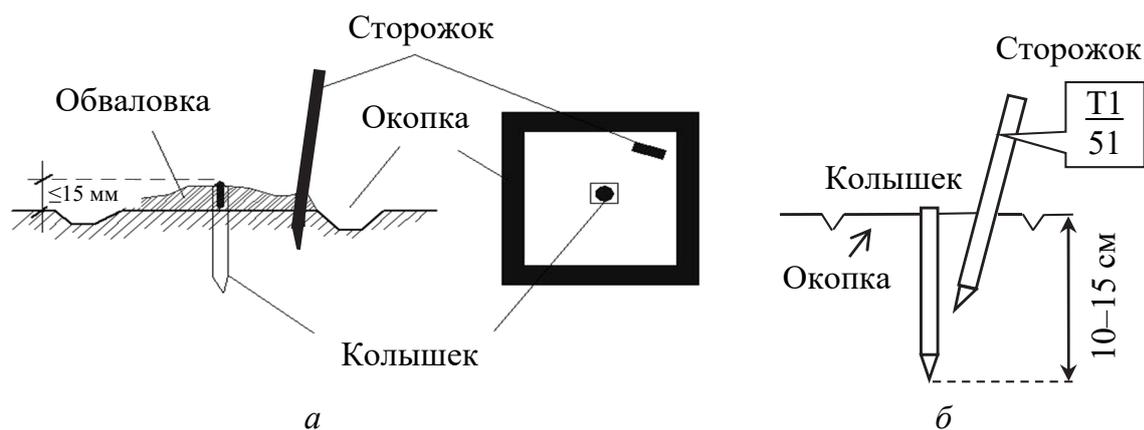


Рис. 4.3. Примеры закрепления вершины (пунктов) теодолитного хода

Измерение горизонтальных углов. Нумерация вершин и измерение замкнутого теодолитного хода ведутся *по ходу часовой стрелки* (при этом измеряются правые по ходу горизонтальные углы).

На вершинах теодолитных ходов с двумя направлениями горизонтальные углы измеряются способом приемов. Расхождение в значениях угла, измеренного при первом (КЛ) и втором (КП) полуприемах, допускается *не более 2'*. Среднее значение угла из полуприемов округляется до десятых.

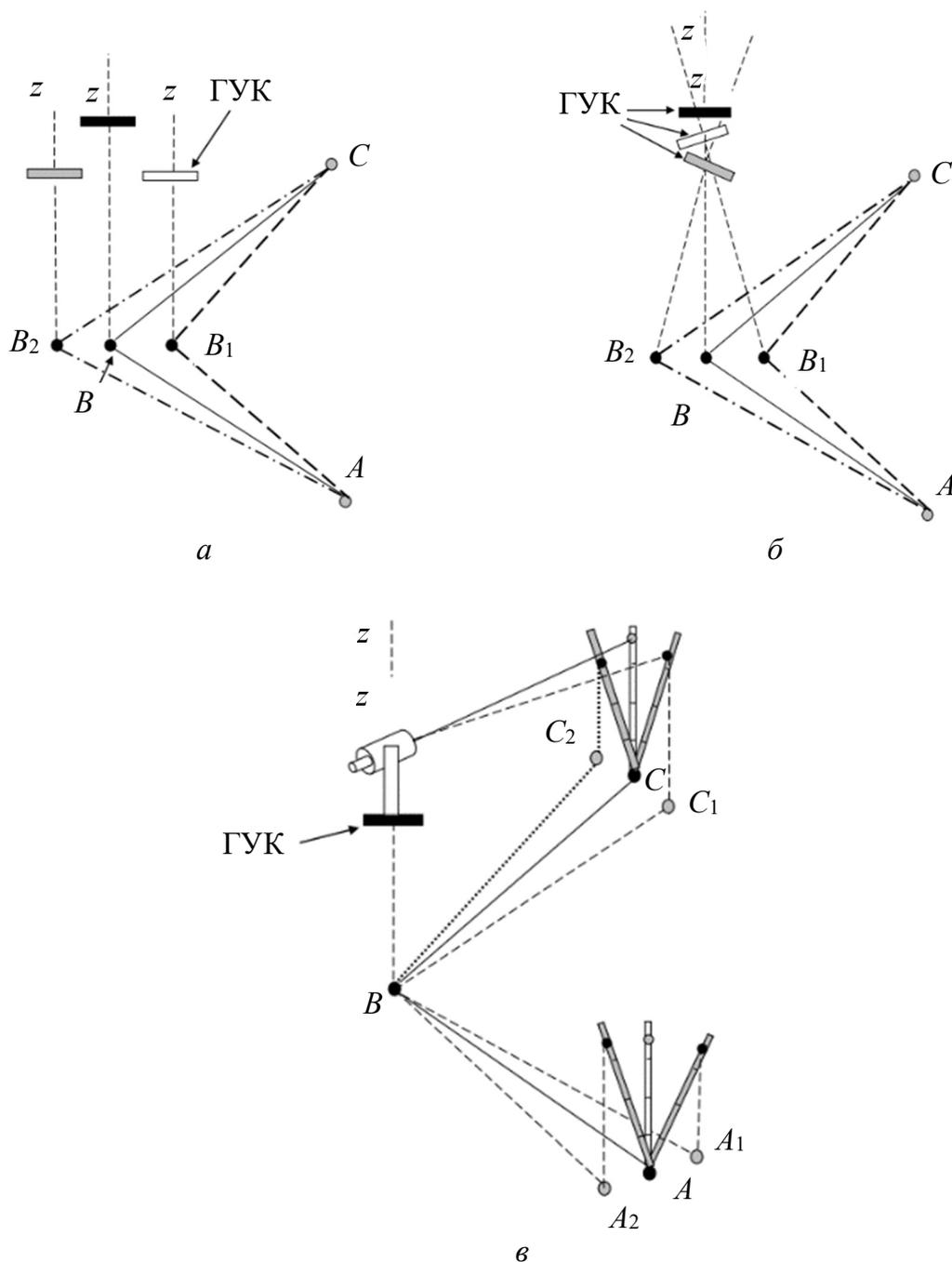


Рис. 4.4. Возможные погрешности при работе с теодолитом:
a – при центрировании; *б* – при горизонтировании;
в – при визировании;
 ГУК – плоскость лимба горизонтального угломерного круга теодолита

Угловые измерения производят теодолитом 2Т30 (или Т30) согласно методике, указанной в пункте 3.1.2 данного пособия:

- установка теодолита над вершиной измеряемого угла;
- приведение прибора в рабочее положение (центрирование, горизонтирование, установка зрительной трубы для наблюдений);

- установка вешек на вершины смежных углов (держат вертикально на колышке или установить перед колышком или за ним по направлению к теодолиту),

- визирование на основания вех для снижения вероятности возникновения погрешности измерений (рис. 4.4);

- снятие отсчетов с горизонтального круга поочередно по каждому полуприему с занесением измерений в специальный геодезический журнал «Журнал измерения горизонтальных углов и длин линий» (рис. 4.5).

Также при теодолитной съемке ведется *абрис* (рис. 4.5), который представляет собой схематичный чертеж съемки без учета масштаба.

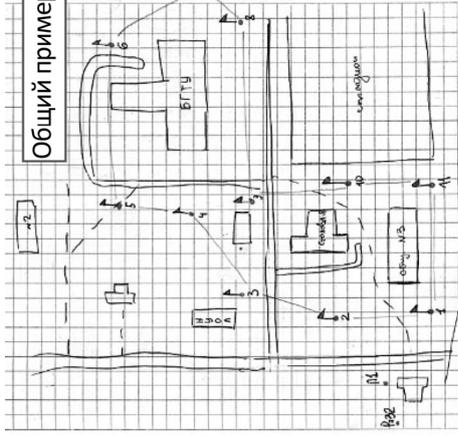
Измерение длин сторон. Обмер длин сторон в теодолитных ходах ведется, как правило, *параллельно* с измерениями горизонтальных углов. Для измерения линий в полигонах и ходах применяют стальные землемерные ленты, рулетки, дальномеры и другие приборы, позволяющие измерять линии с относительной погрешностью не более $1/2000$. Все данные заносятся в специальный геодезический журнал (рис. 4.5).

Важно! 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.

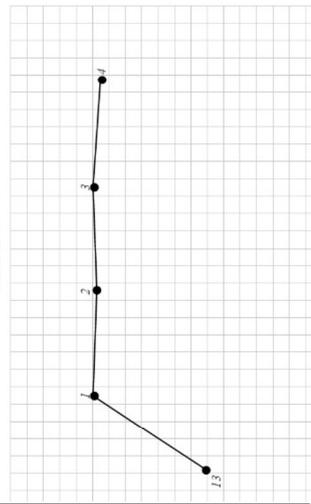
Измерение вертикальных углов. На сторонах теодолитного хода, имеющих наклон с крутизной ската более $1,5^\circ$ (превышение 2,6 м на 100 м расстояния), измеряют вертикальные углы (по ним вычисляют угол наклона линии на местности – см. подраздел 4.5) для введения поправок за наклон в измеренные расстояния. Угол наклона записывают в геодезический журнал (рис. 4.5).

Привязка. После измерения основного теодолитного хода выполняют его привязку к пунктам геодезической сети (реперам).

Общий пример абриса



АБРИС



№ 20 г. Наблюдение проводил

№ точки	К Р У Г	№ точки визирования	Осчеты по горизонтальному кругу	Углы		Среднее из углов	Магнитный азимут	Длина, м		
				°	'			Прямая	Обратная	
1	Л	1	337°06'	154	51	154 50,5		1-2	55,25	55,23
		2	182°15'	154	50				55,20	
2	П	1	157°05'	186	50	186 50'		2-3	54,20	54,18
		2	2°15'	186	50				54,16	
3	Л	1	347°00'	176	4	176 4		3-4	59,96	59,93
		2	170°56'	176	4				59,90	
	П	4	350°56'							
	П	3	24°29'							

Рис. 4.5. Фрагмент журнала измерения горизонтальных углов и длин линий

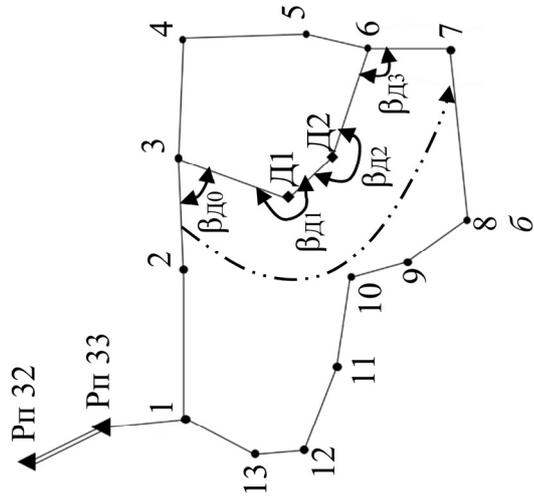
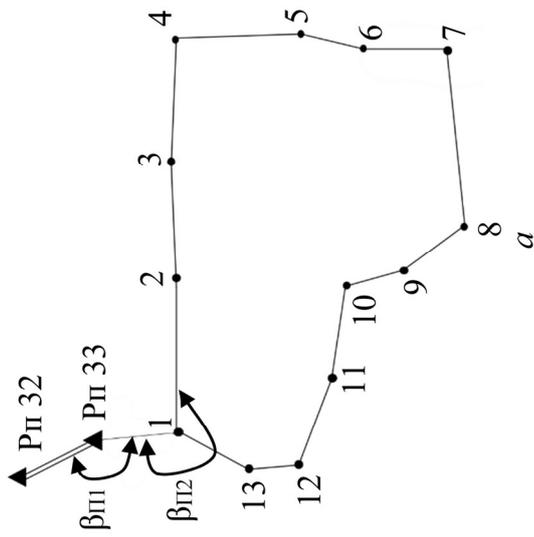


Рис. 4.6. Висячий (а) и диагональный разомкнутый (б) геодезические ходы

Плановой привязкой называются геодезические работы, в результате которых определяют координаты начального пункта и дирекционный угол начальной стороны теодолитного хода. Назначение привязки – выполнение вычислений в единой системе координат и контроль измерений. Для этого часто используется *висячий* теодолитный ход (рис. 4.6, а).

На нем выполняются точно такие угловые и линейные измерения, как и на основном теодолитном ходу, но в гораздо меньших объемах – измеряются два горизонтальных угла $\beta_{п1}$, $\beta_{п2}$ и расстояние $R_{п 33-1}$ (рис. 4.6, а). Эти измерения заносятся на новую страницу в специальный геодезический журнал (рис. 4.5).

Используя полученные данные и зная также координаты реперов ($R_{п 32}$, $R_{п 33}$), которые выдаются преподавателем, необходимо решить *обратную геодезическую задачу* и получить координаты точки 1 (X_1 ; Y_1) и дирекционный угол линии 1–2 (α_{1-2}).

4.1.1. Обратная геодезическая задача

В геодезии часто приходится передавать координаты с одного пункта на другой. Зная исходные координаты (X_A ; Y_A) одного из концов отрезка линии местности AB , длину горизонтального проложения (d) и дирекционный угол (α_{AB}) (азимут (A_{AB}) или румб (r_{AB})) этой линии можно определить координаты (X_B ; Y_B) другого конца отрезка (рис. 4.7). Такой алгоритм передачи координат называется *прямой геодезической задачей*.

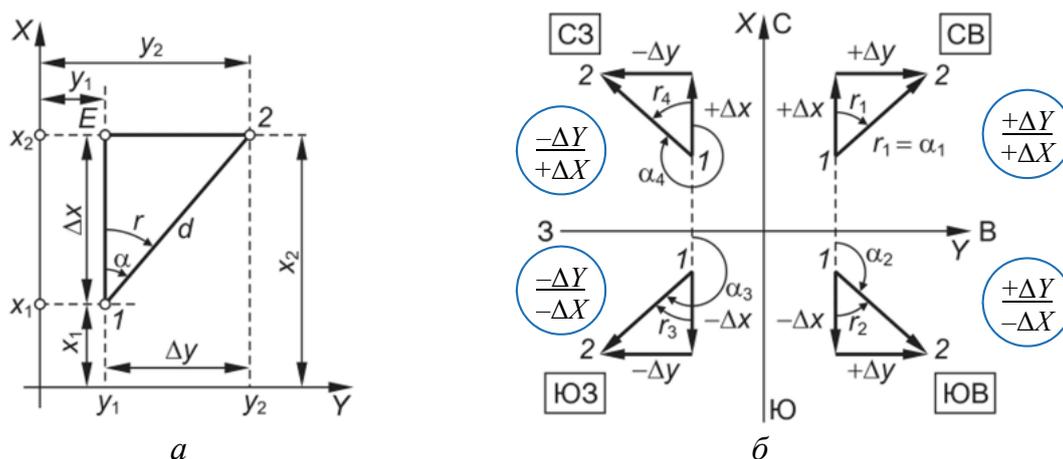


Рис. 4.7. Схемы к решению прямой (а) и обратной (б) геодезических задач

Однако для целей привязки прямая геодезическая задача не подходит, так как нам известны только координаты двух реперов.

В данном случае применяется *обратная геодезическая задача*, которая состоит в том, чтобы по известным координатам X_A, Y_A, X_B, Y_B концов отрезка линии местности AB (рис. 4.7) определить длину горизонтального проложения d_{AB} и направление α_{AB} (дирекционный угол) этой линии. Решение задачи выполняют в такой последовательности.

Вычисляют приращения координат ΔX и ΔY по формулам:

$$\Delta X_{AB} = X_k - X_n = X_B - X_A; \quad (4.1)$$

$$\Delta Y_{AB} = Y_k - Y_n = Y_B - Y_A. \quad (4.2)$$

Находят численное значение румба r_{AB} отрезка AB линии местности:

$$r_{AB} = \arctg \left(\left| \frac{\Delta Y_{AB}}{\Delta X_{AB}} \right| \right). \quad (4.3)$$

По знакам приращений координат (рис. 4.7, табл. 4.1) определяют название четверти, в которой расположен отрезок линии, затем от румба переходят к значению дирекционного угла α .

Таблица 4.1

Связь румбов и дирекционных углов

Номер четверти	Название четверти	Знаки приращений координат		Значения дирекционных углов
		ΔY	ΔX	
I	СВ	+	+	$\alpha = r$
II	ЮВ	+	-	$\alpha = 180^\circ - r$
III	ЮЗ	-	-	$\alpha = 180^\circ + r$
IV	СЗ	-	+	$\alpha = 360^\circ - r$

Длину горизонтального проложения d линии AB можно получить из прямоугольного треугольника (рис. 4.7).

$$d_{AB} = \sqrt{\Delta X_{AB}^2 + \Delta Y_{AB}^2}. \quad (4.4)$$

Для контроля d вычисляют также по формулам

$$d_{AB} = \Delta X_{AB} / \cos \alpha_{AB} = \Delta Y_{AB} / \sin \alpha_{AB}. \quad (4.5)$$

Например, для реперов 32 и 33 (координаты: Рп 32 – $X_{Рп\ 32} = 10\ 376,764$, $Y_{Рп\ 32} = 10\ 873,103$; Рп 33 – $X_{Рп\ 33} = 10\ 281,280$, $Y_{Рп\ 33} = 10\ 881,102$) находим:

$$\Delta X_{Рп\ 32-Рп\ 33} = X_{Рп\ 33} - X_{Рп\ 32} = 10\ 281,280 - 10\ 376,764 = -95,484 \text{ м};$$

$$\Delta Y_{P_{\Pi 32}-P_{\Pi 33}} = Y_{P_{\Pi 33}} - Y_{P_{\Pi 32}} = 10\,881,102 - 10\,873,103 = +79,99 \text{ м};$$

$$\operatorname{tg} r_{P_{\Pi 32}-P_{\Pi 33}} = \left| \frac{+79,99}{-95,484} \right| = 0,083773^\circ;$$

$$\operatorname{arctg} r_{P_{\Pi 32}-P_{\Pi 33}} = \operatorname{arctg} 0,083773 = 4,79^\circ = 4^\circ 47'.$$

В соответствии со знаками приращений координат $\Delta Y (+)$ и $\Delta X (-)$ определяем четверть (II) – ЮВ (рис. 4.7, табл. 4.1) и наименование румба линии $P_{\Pi 32}-P_{\Pi 33}$ – ЮВ: $4^\circ 47'$.

Дирекционный угол линии $P_{\Pi 32}-P_{\Pi 33}$ равен $180^\circ - 4^\circ 47' = 175^\circ 13'$.

Длина линии $P_{\Pi 32}-P_{\Pi 33}$ равна

$$d_{P_{\Pi 32}-P_{\Pi 33}} = \sqrt{(-95,844)^2 + (+79,99)^2} = 124,84 \text{ м}.$$

Часто бывает, что при закладке основного теодолитного хода ситуация, находящаяся внутри, не просматривается. Чтобы иметь возможность ее съемки, прокладывают *диагональный ход*, который представляет собой разомкнутый теодолитный (см. рис. 4.6, б), опирающийся на две стороны основного замкнутого хода и являющийся контролем его угловых измерений.

4.1.2. Методы съемки ситуации

В масштабах 1:5000 и более подлежат измерению объекты ситуации, которые выражаются в масштабе плана: пункты геодезических сетей; дома, сооружения и коммуникации; дорожные сети; гидрография и гидротехнические объекты; закрепленные на местности границы и заграждения; контуры растительности и т. д. Съемка ситуации заключается в измерениях, определяющих положение контуров и отдельных предметов ситуации на плане. Определение положения может производиться разными способами, применение которых зависит от конкретных условий местности и геодезических приборов. Чаще всего применяются следующие способы: *перпендикуляров*, *полярный*, *угловых засечек*, *линейных засечек*, *створов*, *обхода*.

Способ перпендикуляров (способ абсцисс и ординат) применяется при съемке объектов ситуации, размещенных у сторон теодолитного хода. Положение точки определяется двумя величинами (рис. 4.8): отдалением по стороне теодолитного хода от точки съемочного основания – абсциссой X и длиной перпендикуляра, построенного со стороны теодолитного хода до определяемой точки, – ординатой Y .

Расстояние X от начала съемочной стороны до основания перпендикуляра измеряют лентой (рулеткой), укладываемой по створу линии 1–2, а длину перпендикуляров Y – рулеткой или нивелирной рейкой.

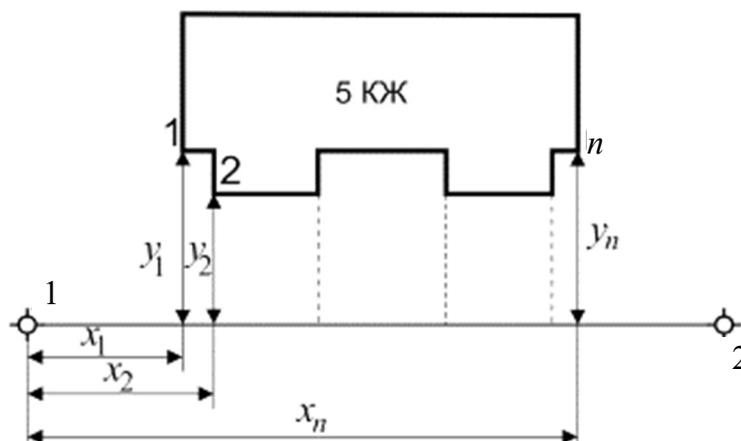


Рис. 4.8. Способ перпендикуляров (способ ординат)

Перпендикуляры на местности могут строиться: на глаз, с помощью рулетки (ленты), или специального прибора – экера.

На геодезическом полигоне Негорельского учебно-опытного лесхоза перпендикуляры небольшие (до 10–15 м), поэтому их строят чаще всего на глаз. При этом наблюдатель становится в створе линии, на которую должен быть опущен перпендикуляр, лицом к точке, от которой опускается перпендикуляр, вытягивает руки в стороны по направлению линии. Потом сводит руки впереди и перемещается в створе линии до тех пор, пока сведенные ладони не будут направлены на точку, с которой опускается перпендикуляр. В этот момент наблюдатель находится в точке, являющейся основанием перпендикуляра.

Можно также при данном методе использовать нивелирные рейки – у них широкие торцы, которые можно прикладывать под прямым углом к ленте (рулетке) или другой нивелирной рейке, лежащим в створе линии, и снимать отсчеты. При этом необходимо вести абрис съемки (рис. 4.9 и прил. А).

Для контроля необходимо измерить рулеткой размеры зданий с занесением их в абрис (рис. 4.9).

Полярный способ (способ полярных координат). Этот способ применяют для определения положения характерных точек ситуации на открытой местности, как небольших участков, так и отдельных контуров.

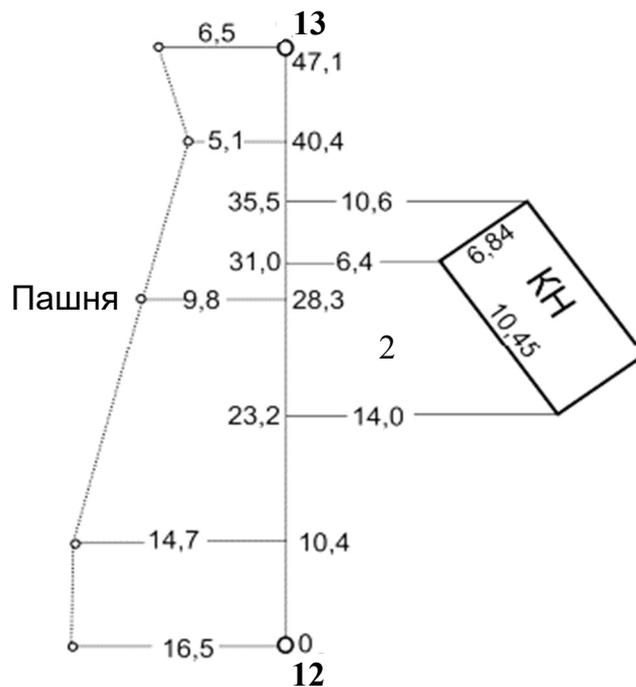


Рис. 4.9. Пример ведения абриса (при способе перпендикуляров)

Положение точки определяется углом β_i , измеренным от стороны теодолитного хода 1–2 (принимаемой за полярную ось), и расстоянием D_i от точки теодолитного хода, принимаемой за полюс (рис. 4.10).

Для съемки полярным способом устанавливают теодолит над точкой теодолитного хода, например над точкой 2 (рис. 4.10), и ориентируют лимб *при круге слева* (КЛ) по направлению на предыдущую (или следующую) точку хода (точку 1). *Ориентировать лимб* – это значит разместить лимб теодолита, установленного над точкой 2, так, чтобы при визировании на точку 1 отсчет по лимбу был равен $0^\circ 00'$. Для ориентирования лимба по заданному направлению отпускают закрепляющий винт алидады и вращают ее до тех пор, пока отсчет по лимбу не будет близок к нулю. Закрепляют алидаду с помощью ее наводящего винта и устанавливают отсчет, равный $0^\circ 00'$. Затем, отпустив закрепляющий винт лимба, наводят зрительную трубу примерно на точку 1, зажимают закрепительный винт лимба и осуществляют окончательную точную наводку на точку 1 с помощью наводящего винта лимба.

При выполнении съемки поворотом алидады наводят трубу поочередно на все точки, которые требуется измерить, при этом отсчет каждый раз берется по горизонтальному кругу (КЛ). Поэтому такие отсчеты и будут горизонтальными углами β_i относительно

выбранной стороны теодолитного хода. Расстояния до точек могут измеряться лентой, рулеткой или разными дальномерами. При этом также ведется абрис (рис. 4.10 и прил. Б). На плане данный метод откладывается с помощью транспорта.

Способ угловых засечек. Этот способ (рис. 4.11) применяется для съемки положения отдельных точек ситуации (столбов, отдельно стоящих деревьев и т. п.), а также в труднодоступных местах (граница болота, берег реки), исключая непосредственное измерение расстояний от вершины теодолитного хода до точки, которая снимается (противоположный берег водоема, оврага и т. д.).

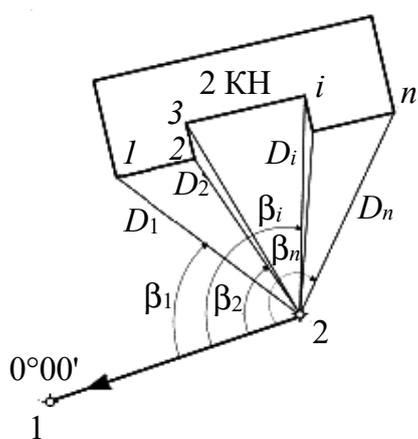


Рис. 4.10. Полярный способ съемки

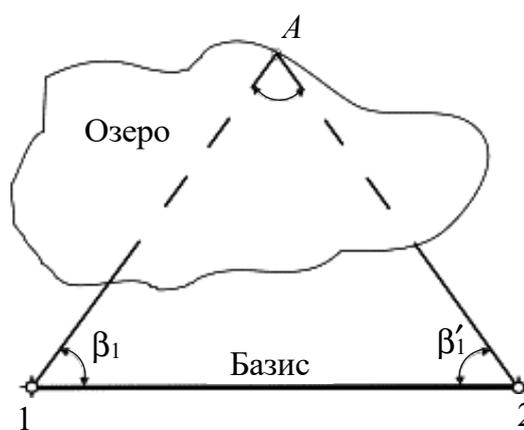


Рис. 4.11. Способ угловых засечек

Для определения положения точки A (рис. 4.11) измеряются два угла β_1 и β'_1 , которые примыкают к базису 1–2. Базисом может служить сторона теодолитного хода или любые два пункта съемочного обоснования, между которыми есть видимость. Углы β_i , примыкающие к базису, измеряются одним полуприемом.

Важно! Нужно помнить, что при определении горизонтальных углов по часовой стрелке (от точки 1 к точке 2) измеряются *правые* по ходу углы (расположены с правой стороны от створа) и определяются они по формуле $\beta_i = \Sigma_i - \Pi_i$. На рис 4.11 эти углы левые по ходу. Поэтому формула для расчета левого горизонтального угла будет выглядеть $\beta_i = \Pi_i - \Sigma_i$. Второй вариант – поменять в измерениях направление базиса – вместо 1–2, принять базисное направление – 2–1.

Главное требование к угловой засечке состоит в том, чтобы угол у определяемой точки был в пределах от 30 до 150°. Данные измерений заносятся на абрис съемки (см. рис. 4.11 и прил. В) или в тетрадь-дневник практики. На плане все точки отмечаются с помощью циркуля.

Способ створов. Он применяется, когда сторону (створ) теодолитного хода пересекает линейный объект или контур местности. В процессе съемки рулеткой измеряют расстояния по стороне теодолитного хода от станции до пересечения с контуром местности (рис. 4.12). Сущность способа заключается в том, что в створе двух известных точек 1 и 2 с помощью дальномера или ленты (рулетки) определяют расстояния до пересечения контуров (точки a, b, c, d). Результаты измерений указываются на абрисе (рис. 4.12).

Способ обхода. Применяется для съемки таких объектов, которые из-за удаленности или помехи не могут быть сняты с вершин и сторон основного теодолитного хода. В этом случае вокруг снимаемого объекта (рис. 4.13) прокладывают дополнительный съемочный ход $2'-3'-4'-5'-6'-2'$, который привязывают к основному ходу $2-1'-2'$.

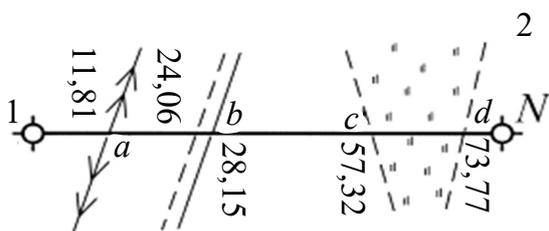


Рис. 4.12. Способ створов

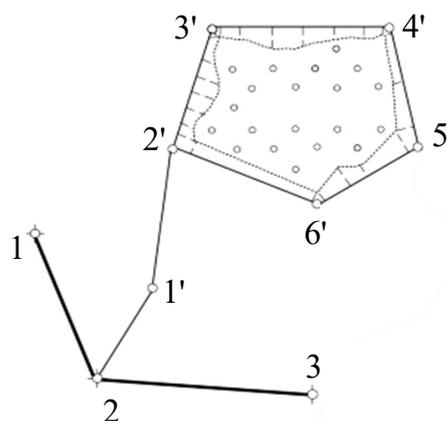


Рис. 4.13. Способ обхода

Если контур снимаемого объекта имеет прямолинейные границы (сельскохозяйственные угодья, плантации культур, застройки и т. п.), съемочный ход прокладывают непосредственно по границам объекта. В этом случае контур хода представляет собой контур снимаемого объекта. Когда контур имеет сложную форму, то его границы снимают способом перпендикуляров от сторон съемочного хода (рис. 4.13).

При съемке методом обхода углы в съемочном ходе измеряют одним полуприемом, а стороны – однократно мерной лентой (рулеткой) или дальномером. Запись измерений делают в геодезическом журнале (см. рис. 4.5) и отмечают на абрисе горизонтальные углы и расстояния.

После всех выполненных работ абрисы и журналы полевых измерений подписывают члены бригады и предъявляют руководителю практики. Эти документы служат основанием для вычислительной обработки данных и построения плана.

4.2. Камеральная обработка результатов теодолитной съемки

По окончании полевых работ производят проверку полевого журнала и абрисов (см. рис. 4.5) и приступают к камеральной обработке результатов угловых и линейных измерений с вычислением прямоугольных координат точек теодолитных ходов.

Измеренные углы и линии содержат неизбежные случайные ошибки, из-за накопления которых результаты измерений не согласуются с теоретическими их значениями. Эти несоответствия называют *невязками*. Одной из задач вычислительных работ является распределение невязки по измеренным величинам так, чтобы исправленные значения были близкими к теоретическим. Процесс распределения невязки и получения исправленных значений величин измеряемых объектов называется *увязкой* или *уравнением* результатов измерений.

Для вычисления координат пунктов теодолитного хода необходимо знать: координаты начальной (и (или) конечной) точки и дирекционный угол начальной (и (или) конечной) линии – рассчитываются по обратной геодезической задаче (см. пункт 4.1.1) или выдаются преподавателем (координаты исходных пунктов выбираются из каталога координат пунктов геодезического полигона Негорельского учебно-опытного лесхоза) и записываются в «Ведомость вычисления координат вершин теодолитного хода» (табл. 4.2).

Дальнейшие вычисления прямоугольных координат опорных пунктов топографической съемки выполняются в координатной ведомости (табл. 4.2) и осуществляются в следующей последовательности.

1. *Заполнение координатной ведомости исходными данными.* Из полевого журнала в соответствии со схемой теодолитных ходов переписывают значения измеренных углов и длин сторон.

В графах 1 и 13 координатной ведомости сверху вниз последовательно записывают *необходимые* названия пунктов планово-съёмочного обоснования: Рп 32, Рп 33, 1, 2, 3, 4 и т. д.

В графу 2 (в нижнюю часть ячейки) заносят значения измеренных горизонтальных углов – их средние значения между сторонами теодолитного хода β_i по данным журнала (рис. 4.5).

В графу 6 записывают величины горизонтальных проложений d_i сторон теодолитного хода по данным журнала (рис. 4.5) так, чтобы их значения располагались между строками графы 1, в которых указаны названия пунктов данной линии.

2. *Уравнивание измеренных горизонтальных углов.* В координатной ведомости (табл. 4.2) подсчитывают сумму измеренных правых углов $\sum \beta_{\text{изм}}$:

$$\sum \beta_{\text{изм}} = \beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \dots + \beta_i. \quad (4.6)$$

Определяют теоретическую сумму $\sum \beta_{\text{теор}}$ по формулам:

$$\sum \beta_{\text{теор}} = 180^\circ \cdot (n - 2) - \text{для замкнутого хода}; \quad (4.7)$$

$$\sum \beta_{\text{теор}} = (\alpha_n + 180^\circ \cdot n - \alpha_k) - 360^\circ - \text{для разомкнутого хода}, \quad (4.8)$$

где n – количество углов в полигоне; α_n и α_k – дирекционные углы начальной и конечной сторон разомкнутого (диагонального) хода.

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

Затем определяют фактическую величину угловой невязки:

$$f_\beta = \sum \beta_{\text{изм}} - \sum \beta_{\text{теор}} \quad (4.9)$$

и допустимую величину угловой невязки:

$$f_{\beta \text{ доп}} = \pm 2t\sqrt{n}, \quad (4.10)$$

где t – инструментальная точность прибора (для замкнутого теодолитного хода $t = 0,5'$, для разомкнутого – $1'$); n – число точек хода.

Полученные результаты следует записать в нижнюю часть ведомости.

После расчета следует выполнить *контроль*, чтобы фактическая невязка была меньше либо равна допустимой ($f_\beta \leq f_{\beta \text{ доп}}$). Если контроль не пройден, то следует еще раз проверить правильность расчетов или перемерить горизонтальные углы на точках теодолитного хода и повторить условие выполнения контроля.

Если *условие выполняется*, то полученные углы уравнивают (увязывают), т. е. эта угловая фактическая невязка с обратным знаком распределяется поровну на все углы хода в виде поправок:

$$v_{\beta} = \frac{-f_{\beta}}{n}. \quad (4.11)$$

Если невязка f_{β} не делится без остатка на число углов (n), то несколько большие поправки вводят в углы с короткими сторонами, так как на результатах таких углов в большей степени сказывается неточность центрирования теодолита и визирования на вешки. Значения поправок округляют до $0,1'$ и записывают в графу 2 над значениями соответствующих измеренных углов.

При этом во всех случаях должно соблюдаться условие

$$\sum v_{\beta} = -f_{\beta}, \quad (4.12)$$

т. е. сумма поправок должна равняться фактической угловой невязке f_{β} с обратным знаком.

Рассчитать уравненный горизонтальный угол для каждой точки и записать его в графу 3:

$$\beta_i = \beta'_i + v_{\beta_i}; \quad \beta_{\text{урав } i} = \beta_{\text{изм } i} + v_{\beta_i}. \quad (4.13)$$

В конце расчетов следует выполнить контроль – сумма уравненных горизонтальных углов должна равняться теоретической сумме ($\sum \beta_{\text{урав}} = \sum \beta_{\text{теор}}$).

3. *Вычисление дирекционных направлений.* По известному дирекционному углу начальной стороны и исправленным внутренним углам $\beta_{\text{урав } i}$ вершин теодолитного хода вычисляются дирекционные углы последовательно для всех его сторон следующим образом (дирекционный угол следующей стороны равен дирекционному углу предыдущей стороны плюс 180° и минус уравненный правый по ходу угол между этими сторонами):

$$\alpha_{i+1} = \alpha_i + 180^\circ - \beta_i \quad (0^\circ \leq \alpha_{i+1} < 360^\circ). \quad (4.14)$$

При этом конечное значение угла α_{i+1} не должно быть больше 360° . Если в результате вычислений дирекционный угол получается больше 360° , тогда его нужно уменьшить на 360° , а если сумма $\alpha_i + 180^\circ$ будет меньше вычитаемого угла, то ее нужно сначала увеличить на 360° .

Дирекционные углы заносят в координатную ведомость (графа 4) так, чтобы их записи располагались между строками графы 1, где указаны названия пунктов хода.

Контролем вычисления дирекционных углов для разомкнутого хода служит повторное получение в конце расчета уже известного значения дирекционного угла конечной стороны: $\alpha'_k = \alpha_k$, а для замкнутого хода – начальной стороны: $\alpha'_k = \alpha_k = \alpha_n$.

Ведомость вычисления координат вершин теодолитного хода

Номер точки	Горизонтальный угол		Дирекционный угол α	Румб стороны r	Горизонтальное положение d , м	Приращения координат, м			Координаты точек, м		Номер точки			
	измеренный β'	уравненный β				$\pm\Delta X'$	$\pm\Delta Y'$	уравненные $\pm\Delta X$	$\pm\Delta Y$	X		Y		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
Рп 32	-	-	175°13'	-	-	-	-	-	-	10 376,764	10 873,103	Рп 32		
Рп 33	175°41'	175°41'	179°32'	-	48,53	-48,528	0,395	-48,528	0,395	10 281,280	10 881,102	Рп 33		
1	262°35'	262°35'	92°57'	-	-	-	-	-	-	10 232,752	10 881,497	1		
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2		
1	-	-	-	-	<i>Замкнутый теодолитный ход</i>							-	-	2
1	-	-	92°57'	ЮВ : 87°3'	55,23	+0,012 -2,842	+0,018 55,157	-2,830	55,175	10 232,752	10 881,497	1		
2	+0,1' 186°50'	186°50,1'	86°6,9'	СВ : 86°6,9'	54,18	+0,012 3,671	+0,018 54,055	3,683	54,073	10 229,922	10 936,672	2		
3	+0,1' 176°4'	176°4,1'	90°2,8'	ЮВ : 89°57,2'	59,93	+0,013 -0,048	+0,02 59,93	-0,035	59,950	<u>10 233,605</u>	<u>10 990,745</u>	3		
4	+0,1' 92°12'	92°12,1'	177°50,7'	ЮВ : 2°9,3'	64,71	+0,014 -64,664	+0,022 2,434	-64,650	2,456	10 233,570	11 050,695	4		
5	+0,1' 163°45'	163°45,1'	194°5,6'	ЮЗ : 14°5,6'	28,05	+0,006 -27,206	+0,009 -6,83	-27,200	-6,821	10 168,920	11 053,151	5		
6	+0,2' 190°9'	190°9,2'	<u>183°56,4'</u>	ЮЗ : 3°56,4'	49,30	+0,011 -49,184	+0,016 -3,386	-49,173	-3,370	<u>10 141,720</u>	<u>11 046,330</u>	6		
7	+0,1' 100°52'	100°52,1'	263°4,3'	ЮЗ : 83°4,3'	67,41	+0,015 -8,133	+0,023 -66,918	-8,118	-66,895	10 092,547	11 042,960	7		

Продолжение табл. 4.2

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				вычисленные	уравненные		X	Y		
	2	3	4	5	6	$\pm\Delta X'$	$\pm\Delta Y'$	$\pm\Delta X$	$\pm\Delta Y$	X	Y	
1						7	8	9	10	11	12	13
8	+0,1' 108°40'	108°40,1'	263°4,3'	ЮЗ : 83°4,3'	67,41	+0,015 -8,133	+0,023 -66,918	-8,118	-66,895	10 084,429	10 976,065	8
9	+0,1' 170°50'	170°50,1'	334°24,2'	СЗ : 25°35,8'	35,96	+0,008 32,43	+0,012 -15,537	32,438	-15,525	10 116,867	10 960,540	9
10	+0,1' 260°30'	260°30,1'	343°34,1'	СЗ : 16°25,9'	51,83	+0,011 49,713	+0,017 -14,663	49,724	-14,646	10 166,591	10 945,894	10
11	+0,1' 167°17'	167°17,1'	263°4,0'	ЮЗ : 83°4,0'	46,40	+0,010 -5,603	+0,016 -46,06	-5,593	-46,044	10 160,998	10 899,850	11
12	+0,2' 91°50'	91°50,2'	275°46,9'	СЗ : 84°13,1'	38,82	+0,008 3,908	+0,013 -38,623	3,916	-38,610	10 164,914	10 861,240	12
13	+0,1' 116°9'	116°9,1'	3°56,7'	СВ : 3°56,7'	61,43	+0,013 61,285	+0,021 4,223	61,298	4,244	10 226,212	10 865,484	13
1	+0,1' 154°50,5'	154°50,6'	67°47,6'	СВ : 67°47,6'	17,29	+0,004 6,536	+0,006 16,007	6,54	16,013	10 232,752	10 881,497	1
2	-	-	92°57'	-	-	-	-	-	-	-	-	2
$\Sigma\beta' = 1179°58,5'$		$\Sigma\beta = 1980°00'$			$\Sigma d_i = 630,54$	$\Sigma\Delta X' = -0,137$	$\Sigma\Delta Y' = -0,211$	$\Sigma\Delta X = 0$	$\Sigma\Delta Y = 0$			-
$\Sigma\beta_{\text{теор}} = 1980°00'$						$\Sigma\Delta X_{\text{теор}} = 0$	$\Sigma\Delta Y_{\text{теор}} = 0$					-
$f_{\beta} = -0°01,5'$								$K_X = 0,00021727$				-
$f_{\beta \text{ доп}} = \pm 3,6'$						$f_X = -0,137$	$f_Y = -0,211$	$K_Y = 0,00033463$				-
-						$f_{s \text{ abs}} = 0,25$	$f_{s \text{ доп}} = 0,32$	$\Sigma\Delta X_i = 0,137$	$\Sigma\Delta Y_i = 0,211$			-

Номер точки	Горизонтальный угол		Дирекционный угол α	Румб стороны r	Горизонтальное проложение d_i , м	Приращения координат, м				Координаты точек, м		Номер точки
	измеренный β'	уравненный β				$\pm\Delta X'$	$\pm\Delta Y'$	вычисленные уравненные	$\pm\Delta X$	$\pm\Delta Y$	X	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2	-	-										2
3	+0,5' 74°3'	74°3,5'	86°6,9'	-	-	-	-	-	-			3
Д1	+0,5' 245°15'	245°15,5'	192°3,4'	ЮЗ : 12°3,4'	58,16	-0,020 -56,877	+0,009 -12,148	-56,897	-12,139	10 233,605	10 990,745	3
Д2	+0,5' 194°23,5'	194°24,0'	126°47,9'	ЮВ : 53°12,1'	26,23	-0,009 -15,712	+0,004 21,004	-15,721	21,008	10 176,708	10 978,606	Д1
6	+0,5' 108°27'	108°27,5'	112°23,9'	ЮВ : 67°36,1'	50,52	-0,017 -19,250	+0,007 46,709	-19,267	46,716	10 160,987	10 999,614	Д2
7	-	-	183°56,4'	-	-	-	-	-	-	10 141,720	11 046,330	6
$\sum\beta' =$	622°8,5'	$\sum\beta = 622°10,5'$				$\sum\Delta X' =$ -91,839	$\sum\Delta Y' =$ 55,565	$\sum\Delta X =$ -91,885	$\sum\Delta Y =$ 55,585			7
$\sum\beta_{теор} =$	622°10,5'					$\sum\Delta X_{теор} =$ -91,885	$\sum\Delta Y_{теор} =$ 55,585					-
$f_\beta =$	-0°02'					$f_X = 0,046$	$f_Y = -0,020$	$K_X = -0,00033969$	$K_Y = 0,00014825$			-
$f_{\beta_{доп}} =$	$\pm 2'$					$f_{s, abs} = 0,05$	$f_{s, доп} = 0,13$	$\sum v_{X_i} =$ -0,046	$\sum v_{Y_i} =$ 0,020			-

Разомкнутый теодолитный ход (диагональный)

Перевести полученные дирекционные углы в *румбы* для каждой стороны (графа 5), пользуясь схемой (формулами) взаимосвязи дирекционных углов и румбов (см. рис. 4.7, табл. 4.1).

4. *Вычисление приращений координат.* Приращения координат каждой стороны, которые называются *вычисленными*, определяют по формулам прямой геодезической задачи:

$$\Delta X'_i = d_i \cdot \cos \alpha_i; \quad (4.15)$$

$$\Delta Y'_i = d_i \cdot \sin \alpha_i. \quad (4.16)$$

Важно! При вычислениях на инженерном калькуляторе $\Delta X'_i$ и $\Delta Y'_i$ величину α_i необходимо определять в градусах. Поэтому минуты надо переводить в градусы, например, угол $\alpha = 92^\circ 57'$, определяем

$$\alpha = 57' / 60' + 92 = 92,950^\circ.$$

Величины $\Delta X'_i$ и $\Delta Y'_i$ записывают в ведомость (см. табл. 4.2, графы 7 и 8) с округлением до 0,01–0,001 м и со знаком плюс или минус.

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

Вычисляют *теоретические значения сумм приращений координат*:

$$\sum \Delta X_{\text{теор}} = X_{\text{к}} - X_{\text{н}}; \quad (4.17)$$

$$\sum \Delta Y_{\text{теор}} = Y_{\text{к}} - Y_{\text{н}}. \quad (4.18)$$

Рассчитывают величину *фактической линейной невязки* как разность между суммой вычисленных приращений координат и теоретической суммой:

$$f_X = \sum \Delta X' - \sum \Delta X_{\text{теор}}; \quad (4.19)$$

$$f_Y = \sum \Delta Y' - \sum \Delta Y_{\text{теор}}. \quad (4.20)$$

Определяют *абсолютную линейную невязку хода*:

$$f_{s \text{ абс}} = \sqrt{f_X^2 + f_Y^2}. \quad (4.21)$$

Вычисляют *допустимую линейную невязку хода*, величина которой устанавливается соответствующими инструкциями в зависимости от масштаба съемки и условий измерений:

$$f_{s \text{ доп}} = \frac{1}{2000} \cdot \sum d \text{ — для замкнутого хода;} \quad (4.22)$$

$$f_{s \text{ доп}} = \frac{1}{1000} \cdot \sum d \text{ — для разомкнутого хода.} \quad (4.23)$$

Полученные расчеты следует записывать в нижней части ведомости (табл. 4.2).

Выполняют *контроль*. При этом необходимо, чтобы абсолютная невязка хода была меньше либо равна допустимой ($f_s \leq f_{s \text{ доп}}$). Если данное условие соблюдается, то *абсолютная невязка допустима*, что дает основание *произвести увязку (уравнивание)* приращений координат ΔX_i и ΔY_i .

Важно! Если контроль не пройден ($f_s \geq f_{s \text{ доп}}$), то ищут ошибку. Следует еще раз проверить правильность расчетов или перемерить длины сторон с повторным расчетом горизонтального проложения либо горизонтальные углы на станциях хода с выполнением контроля заново. Чтобы определить, в измерении каких сторон была допущена ошибка, вычисляют дирекционный угол абсолютной невязки:

$$\alpha_f = \arctg(f_Y / f_X). \quad (4.24)$$

При определении дирекционного угла используют табл. 4.1. Затем по ведомости вычислений координат находят те стороны теодолитного хода, дирекционные углы которых близки к α_f или $\alpha_f \pm 180^\circ$. Найденные стороны измеряют повторно в первую очередь.

Невязки f_X и f_Y распределяют по вычисленным приращениям координат пропорционально длинам сторон *с обратным знаком*. 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 вычисляют *поправочные коэффициенты*:

$$K_X = \frac{-f_X}{\sum d}; \quad (4.25)$$

$$K_Y = \frac{-f_Y}{\sum d}. \quad (4.26)$$

Затем определяют *поправки* пропорционально длине соответствующих сторон хода:

$$v_{X_i} = K_X \cdot d_i; \quad (4.27)$$

$$v_{Y_i} = K_Y \cdot d_i. \quad (4.28)$$

Знак поправок v_{X_i} и v_{Y_i} противоположен знаку соответствующей невязки f_X или f_Y . Полученные значения округляют до 0,001 м и записывают в графы 7 и 8 координатной ведомости (табл. 4.2) над соответствующими вычисленными приращениями координат $\Delta X'_i$ и $\Delta Y'_i$.

После этого следует выполнить контроль, чтобы сумма всех поправок равнялась невязке с обратным знаком:

$$\sum v_{X_i} = -f_X; \quad (4.29)$$

$$\sum v_{Y_i} = -f_Y. \quad (4.30)$$

По вычисленным приращениям координат и поправкам определяют уравненные приращения координат:

$$\Delta X_i = \Delta X' + v_{X_i}; \quad (4.31)$$

$$\Delta Y_i = \Delta Y' + v_{Y_i}. \quad (4.32)$$

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

Определяют суммы уравненных приращений координат, которые заносят в графы 9, 10, и выполняют контроль вычислений, чтобы сумма уравненных приращений координат равнялась теоретической сумме:

$$\sum \Delta X = \sum \Delta X_{\text{теор}}; \quad (4.33)$$

$$\sum \Delta Y = \sum \Delta Y_{\text{теор}}. \quad (4.34)$$

5. *Вычисление плановых координат пунктов хода.* По исправленным приращениям и координатам начальной точки X_H , Y_H последовательно вычисляют координаты всех вершин полигона (графы 11 и 12 координатной ведомости). При этом координата каждой следующей точки хода равна сумме координат предыдущей точки и уравненного приращения координат:

$$X_{i+1} = X_i + \Delta X_i; \quad (4.35)$$

$$Y_{i+1} = Y_i + \Delta Y_i. \quad (4.36)$$

Окончательным контролем правильности вычислений координат служит получение координат конечной точки (X'_K и Y'_K) аналогично выполненным ранее. Их величина должна равняться истинным конечным координатам точки ($X'_K = X_K$ и $Y'_K = Y_K$).

Важно! Если основной теодолитный ход не привязан к координатам геодезической сети, следует сначала провести полевые работы по его привязке с помощью всячего теодолитного хода и выполнить камеральную обработку полученных угловых и линейных измерений. Для *всячего* (привязочного) теодолитного хода расчеты отличаются – в них не выполняется уравнивание, т. е. изначально измеренные горизонтальные углы равны уравненным $\beta_{\text{изм } i} = \beta_{\text{урав } i}$, а вычисленные

приращения координат соответствуют уравненным $\Delta X'_1 = \Delta X_i$; $\Delta Y'_1 = \Delta Y_i$. Не производят в таком ходу сравнение и увязку измеренных значений и их сумм с теоретическими (табл. 4.2).

Для замкнутого и разомкнутого (диагонального) теодолитных ходов производят все приведенные выше вычисления. Стоит также уточнить, что камеральная обработка диагонального хода происходит после расчета основной координатной ведомости и на ее основании (из нее берут дирекционные углы и координаты, к которым привязывается разомкнутый ход). Пример расчета ведомости вычисления координат вершин теодолитных ходов (табл. 4.2) приведен на основании рис. 4.6, б.

4.3. Создание высотного обоснования части дендропарка (застроенной территории)

Для составления топографического плана местности, на которой располагается дендропарк (застроенная территория), необходимо знать абсолютные отметки точек, поэтому помимо планового требуется высотное обоснование, которое создается в виде нивелирного хода.

Для вычисления абсолютных отметок измеряют превышения по отношению к точке с известной абсолютной высотой. С целью определения превышений и высот точек съемочного обоснования производят *техническое нивелирование* следующими способами:

– по точкам основного полигона – *геометрическим* (или при необходимости тригонометрическим (см. пункт 3.2.2, с. 34));

– по точкам диагонального хода – *тригонометрическим*.

Полевые работы по созданию высотного съемочного обоснования:

– измерение превышений между точками съемочного обоснования;

– привязка к пунктам высотной опорной геодезической сети;

– камеральная обработка результатов измерений.

Геометрическое нивелирование пунктов съемочного обоснования производят отдельными ходами и осуществляют техническим нивелиром способом «из середины». Точка, над которой устанавливают нивелир, называется *станцией*. Длина визирного луча (плеча) от станции до рейки при таком измерении превышений может достигать 120 м.

Отсчеты выполняют по рейкам, обязательно установленным на вбитые в землю колышки (точки съемочного обоснования). В том

случае, если превышение между вершинами теодолитного хода невозможно определить с одной станции, добавляют вспомогательные иксовые (X-е) точки и производят последовательное нивелирование через них.

Последовательность работы на станции следующая:

– нивелир устанавливают по середине между связующими точками;

– перед взятием каждого отсчета пузырек круглого уровня приводят в нуль-пункт тремя подъемными винтами подставки;

– устанавливают рейку на заднюю точку, берут отсчет по черной стороне и заносят результат (например, 2275) в журнал технического нивелирования (рис. 4.14);

– поворачивают рейку на красную сторону, снимают отсчет и заносят в журнал, например 7072 (рис. 4.14);

– визируют прибор на переднюю точку, приводят пузырек цилиндрического уровня в нуль-пункт, снимают отсчет по черной стороне рейки передней точки и записывают в журнал, например 0586 (рис. 4.14);

– поворачивают рейку на красную сторону, снимают отсчет и заносят в журнал, например 5381 (рис. 4.14);

– вычисляют превышения по черной и красной сторонам реек;

– если расхождение в превышениях не более 5 мм, то в журнале (рис. 4.14) определяют среднее значение превышения на станции.

Важно! *Нивелир не переносят на следующую станцию, пока не выполнены необходимые вычисления в журнале.*

Далее происходит камеральная вычислительная обработка результатов нивелирования, пример которой приведен в табл. 4.3, в следующей последовательности.

1. Рассчитывают *превышения* (h) по формуле (3.8): $h = Z - П$ и записывают в соответствующую знаку графу «Превышения».

2. Выполняют внизу каждой страницы *постраничный контроль*:

– подсчитывают $\sum Z$ – сумму всех величин отсчетов, указанных в графе «Отсчеты по рейке – задние»;

– вычисляют $\sum П$ – сумму всех величин отсчетов, указанных в графе «Отсчеты по рейке – передние»;

– подсчитывают $\sum h_{cp}$ – сумму всех вычисленных превышений с учетом знака, указанного в графе «Средние превышения»;

– рассчитывают равенство для постраничного контроля:

$$\frac{\sum Z - \sum П}{2} = h_{cp}. \quad (4.37)$$

Дата « _ » 20 _ г. Наблюдал _____

№ стан-ций	№ реперов, промежуточных точек	Отсчеты по рейке, мм			Превышения, мм	
		задние	передние	промежуточные	+	-
1'	Рп 33	2275				
		7072			1689	
	1		0586		1691	
			5381			
1	1	1310				
		6110				-530
	2		1840			-529
			6641			
2	2	1360				
		6160			225	
	3		1135		226	
			5934			
	4			1455		
3	3	0725				
		5525				-925
	5		1650			-924
			6449			

Вычислял _____ Погода _____

Средние превышения, мм		Горизонт инструмента (ГИ), м	Абсолютные отметки, м	Условные отметки, м	Примечание
+	-				
			180,239		Привязка
1690					к
			181,929		реперу
			181,929		1
	-0,5				
	-529,5				
	-530		181,399		2
-0,5		182,759	181,399		2
225,5		182,759			
225		182,759	181,624		3
			181,304		4
			181,624		3
	-0,5				
	-924,5				
	-925		180,699		5

Рис. 4.14. Фрагмент журнала технического нивелирования

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

3. Из каталога координат пунктов геодезического полигона Негорельского учебно-опытного лесхоза (выдается преподавателем) в графу журнала «Отметки H » записывают *высоты пунктов полигонометрии* Рп 34 и Рп 33.

Таблица 4.3

**Пример журнала технического нивелирования
по теодолитно-нивелирному ходу на участке топографической 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	Рп 34	1244			-3	$H_{\text{Рп 34}}$ 175,609	Пункт полигонометрии Рп 34
		6031		-1652	-1650		
	т 1		2896	-1648	-1653	173,956	
			7679				
2	т 1	2990			-3	173,956	X 1 – икссовая точка
		7773		1981	1982		
	X 1		1009	1983	1979	175,935	
			5790				
3	X 1	1546			-3	175,935	
		6331		1013	1011		
	т 2		0533	1009	1008	176,943	
			5322				
4	т 2	2428			-3	176,943	
		7213		1756	1755		
	т 3		0672	1754	1752	178,695	
			5459				
5	т 3	2696			-3	178,695	Пункт полигонометрии Рп 33
		7482		1548	1547		
	Рп 33		1148	1546	1544	180,239	
			5936			$H_{\text{Рп 33}}$ 180,239	

$$\sum \text{З} = \underline{45\ 734}$$

$$\sum h_{\text{ср}} = \underline{4645}$$

$$\sum \text{П} = \underline{36\ 444}$$

$$\sum h_{\text{теор}} = H_{\text{к}} - H_{\text{н}} = H_{\text{Рп 33}} - H_{\text{Рп 34}} = 4630$$

$$\frac{(\sum \text{З} - \sum \text{П})}{2} = \underline{4645}$$

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

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

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

$$f_h = \sum h_{\text{ср}} - \sum h_{\text{теор}} = \sum h_{\text{ср}} - (H_{\text{к}} - H_{\text{н}}); \quad (4.38)$$

$$f_{h \text{ доп}} = 10 \cdot \sqrt{n}, \quad (4.39)$$

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

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

$$f_h \leq f_{h \text{ доп}}. \quad (4.40)$$

Выполнение данного неравенства свидетельствует о том, что измерение превышений в ходе осуществлено с требуемой точностью и *не превышает* допустимого значения. Если невязка в измеренных превышениях в нивелирном ходе *превышает* допустимую, то требуется перепроверить вычисления и при необходимости повторить нивелирование трассы, проанализировав причины ошибочных измерений.

5. Уравнивают средние превышения. Суть данного этапа заключается в том, что величины средних превышений исправляют поправками, которые устраняют фактическую невязку. Ее равномерно распределяют *с обратным невязке знаком* в измеренных превышениях – вводят *поправки*, предварительная *средняя величина* которых равна

$$v_{h,i} = \frac{-f_h}{n}. \quad (4.41)$$

Важно! Знак поправки должен быть противоположным знаку невязки. Если, например, невязка получилась равной -7 мм, количество станций 14, то распределять ее нужно по $+1$ мм на среднее превышение каждой 2-й станции; если невязка получилась равной $+5$ мм, то распределять ее следует равномерно по -1 мм на среднее превышение каждой 3-й станции; если невязка получилась равной $+10$ мм, то распределять ее следует по -2 мм на среднее превышение каждой станции и т. д.

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.

$$\sum v_{h,i} = -f_h. \quad (4.42)$$

Уравненные превышения рассчитывают по формуле

$$h_i = h_{cp,i} + v_{h,i}. \quad (4.43)$$

6. Вычисляют *отметки* (H) связующих точек (отметка следующей по ходу H_{i+1} точки равна отметке предыдущей H_i точки плюс уравненное превышение h_i между ними):

$$H_{i+1} = H_i + h_i. \quad (4.44)$$

Важно! Превышения при нивелировании измеряются *в миллиметрах*, а абсолютные отметки *в метрах*, поэтому при сложении нужно переводить миллиметры (делить на 1000) в метры.

Контролем правильности вычисления отметок является полученная в конце хода известная отметка конечной точки (табл. 4.3). При невыполнении контроля возможны ошибки при вычислении отметок связующих точек в величине и знаке поправок $v_{h,i}$, в вычислении уравненных превышений h_i .

Отметки промежуточных точек (при их наличии) вычисляют через горизонт прибора на каждой станции. Он равен отметке задней (или передней) точки плюс отсчет по черной стороне рейки, стоящей на этой точке. Горизонт прибора для контроля вычисляют два раза (при этом разница в их полученных значениях должна быть не больше ± 5 мм) и за окончательное значение берется среднее (см. пункт 3.2.2, с. 34).

Вторым методом при создании высотного съемочного обоснования является *тригонометрическое нивелирование*. В результате его определяют превышения h между опорными точками теодолитного хода и затем вычисляют их высоты H от известной высоты начальной станции (точки) или репера. Чаще всего данный вид нивелирования выполняют как часть тахеометрической съемки с занесением полученных данных в журнал тахеометрической съемки (рис. 4.15).

Работа на местности заключается в измерении углов наклона v одним приемом и расстояний между станциями. С целью контроля измерения выполняются как в прямом (с точки Рп 33 на точку Д 1), так и в обратном (с точки Д 1 на точку Рп 33) направлениях.

9. июня 20 22 г. Станция Рп 33 Ориентировка на _____
 КП = 0°12' МО = 0°02'
 КЛ = -0°08' i = 1,34 Круг
 Н_{ст} = 180,239 м

№ п/п	Мет. точек	Высота наведения (v), м	Отсчет по кругу						Угол наклона	Горизонтальное проложение, м	h'	v-v'	Превышение, м h _в = h' - v	Отметка, м H _в = H _{ст} + h _в	Примечание (горизонтальный угол)
			горизонтальному		вертикальному										
			°	'	°	'	°	'							
Д 5	1,34	83,1	56	48	0	15									
Д 1	1,34	82,7	312	37	0	10								104°11'	
Д 5	1,34	83,1	236	47	-0	11	-0	13	83,12	-0,31	0	-0,31	179,93	104°11'	
Д 1	1,34	82,7	132	36	-0	06	-0	08	82,78	-0,19	0	-0,19	180,05	104°11'	

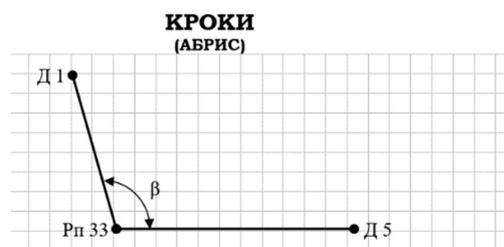


Рис. 4.15. Пример заполнения журнала тахеометрической съемки при тригонометрическом нивелировании (фрагмент)

Методика измерения вертикальных углов:

– на станции с известной высотной отметкой (например, Рп 33) устанавливается теодолит и приводится в рабочее положение;

– измеряется высота инструмента i с помощью рейки (на которой она отмечается), установленной на колышек, до горизонтальной оси вращения трубы с точностью до $\pm 0,01$ м и записывается в журнал (рис. 4.15);

– в следующей по ходу точке полигона (например, станция Д 1) вертикально на колышек устанавливается нивелирная рейка, и перекрестие сетки нитей зрительной трубы визируется на отмеченную ранее высоту инструмента. В этом случае высота инструмента i и высота наведения по рейке v будут равны ($i = v$);

– снимаются отсчеты по вертикальному кругу (см. подраздел 3.1, с. 14) теодолита при положениях КЛ, а затем КП для определения места нуля (МО), которое для теодолита 2Т30 определяется как среднеарифметическое из этих двух отсчетов. Результаты заносятся в журнал (рис. 4.15);

– отсчет по вертикальному кругу при круге слева заносится в журнал в одноименную графу (рис. 4.15);

– измеряется расстояние по нитяному дальномеру (см. пункт 4.4.1, с. 78) или мерной лентой (отмечается в журнале (рис. 4.15)). В нашем случае эти длины известны по результатам теодолитной съемки;

– для определения обратного превышения на заднюю по ходу точку полигона (например, станция Д 5) на колышек вертикально устанавливается рейка, и перекрестие сетки нитей зрительной трубы наводится на отмеченную ранее высоту инструмента при круге слева, снимается отсчет (КЛ) заносится в журнал в графу «Отсчет по вертикальному кругу» (например, по точке Д 5);

На всех последующих точках хода порядок измерения аналогичен.

Далее производится камеральная вычислительная обработка результатов тригонометрического нивелирования:

1) вычислить на станции место нуля (МО), угол наклона (v), горизонтальное проложение (d) и истинное превышение (h) (см. тему тахеометрическая съемка). Предельное расхождение истинных превышений, измеренных в прямом и обратном направлениях, составляет $\pm 0,04$ м на 100 м расстояния;

2) переносятся данные из журнала (рис. 4.15) в табл. 4.4: номера точек хода, длины линий (D , м) и превышения (прямые и обратные) сторон хода;

Таблица 4.4

**Пример вычисления отметок пунктов
диагонального хода на участке топографической съемки**

Номера точек	Длина линий, м	Превышения, м			Поправки, м	Исправленные превышения, м	Отметки, м
		прямые	обратные	средние			
Рп 33							180,239
	82,70	-0,19	0,18	-0,19	0	-0,19	
Д 1							180,049
	107,52	0,36	-0,32	0,34	0,01	0,35	
Д 2							180,399
	88,07	-0,89	0,87	-0,88	0,01	-0,87	
Д 3							179,539
	88,09	-0,83	0,87	-0,85	0,01	-0,84	
Д 4							178,689
	95,39	1,24	-1,22	1,23	0,01	1,24	
Д 5							179,929
	83,10	0,35	-0,31	0,33	0	0,33	
Рп 33							180,239
$\Sigma D = 544,87$ м		$\Sigma h_{\text{ср}} = -0,04$ м					
$\Sigma D_{\text{с}} = 5,45$ с. м.		$\Sigma h_{\text{теор}} = 0$ м					
(сотни метров)		$f_h = -0,04$ м					
		$f_{h \text{ доп}} = \pm 0,09$ м					

3) вычисляется среднее превышение из модульных значений прямого и обратного превышений, при этом *знак среднего превышения соответствует знаку превышения в прямом направлении*;

4) рассчитывается сумма средних превышений ($\Sigma h_{\text{ср}}$) и общая длина линий хода в метрах (ΣD). Представляется данная сумма в сотнях метров ($\Sigma D_{\text{с}}$) с делением на 100;

5) рассчитывается теоретическая сумма превышений как разница между отметками конечной (H_k) и начальной (H_n) точек по формуле (4.38). Поскольку в замкнутом ходе одна точка является и начальной, и конечной, то теоретическая сумма превышений будет равна нулю;

6) далее определяется фактическая невязка превышений как разница между суммой средних и теоретической суммой превышений (формула (4.38));

7) рассчитывается допустимая невязка по формуле

$$f_{h \text{ доп}} = \pm 0,04 \cdot \frac{\sum D_c}{\sqrt{n}}, \quad (4.45)$$

где 0,04 – предельная допустимая погрешность среднего превышения для расстояния в одну сотню метров, м; n – количество сторон хода, шт.

Полученные результаты расчетов записываются в таблицу под всеми записями (табл. 4.4);

8) выполняется контроль, чтобы фактическая невязка была меньше либо равна допустимой ($f_h \leq f_{h \text{ доп}}$);

9) рассчитываются поправки (с противоположным невязке знаком) для уравнивания средних превышений (с округлением до 0,01 м):

$$v_{h,i} = \frac{-f_h}{\sum D} \cdot D_i; \quad (4.46)$$

10) выполняется контроль, чтобы сумма всех поправок равнялась фактической невязке с обратным знаком ($\sum v_{h,i} = -f_h$);

11) рассчитываются исправленные превышения по формуле (4.43);

12) выполняется контроль, чтобы сумма исправленных превышений равнялась теоретической сумме превышений ($\sum h_{\text{испр}} = \sum h_{\text{теор}}$);

13) при соблюдении условия последовательно рассчитываются отметки точек начиная от точки хода с известной высотной отметкой (или от репера) по формуле (4.44);

14) производится контроль данных расчетов, который заключается в совпадении отметки конечной точки с рассчитанной по формуле (4.44).

4.4. Тахеометрическая съемка части дендропарка

В настоящее время тахеометрическая съемка является самым распространенным видом наземных топографических съемок. В сочетании с теодолитной съемкой она выполняется для досъемки контуров ситуации и съемки рельефа местности. Применяется для создания топографических планов небольших участков в крупных масштабах и состоит в наборе измеряемых речных точек (съемочных пикетов) в характерных местах снимаемого участка.

Речной называется точка, предназначенная для съемки ситуации и рельефа местности, на которую устанавливают тахеометрическую или нивелирную рейку, *станцией* – точка съемочного обоснования, над которой центрируется теодолит-тахеометр. Станциями, с которых ведется тахеометрическая съемка, служат точки теодолитного хода, а также *створные* и *висячие* точки. Створные точки намечают в створе между точками теодолитного хода. Положение висячей точки внутри или вне линии хода определяется измерением (или полярным способом) расстояния двумя промерами рулеткой.

Тахеометрия (от греч. *tachys* – быстрый и *metric* – измеряю, т. е. быстрые измерения) – это один из видов топографической съемки, когда одновременно определяют плановое и высотное положение точек местности. Суть тахеометрической съемки заключается в том, что со станции одновременно определяют три пространственные полярные координаты при наведении на нивелирную рейку: горизонтальный угол, вертикальный угол (угол наклона) и расстояние от станции до речной точки, которое измеряется дальномером.

Наиболее распространенным является нитяной дальномер с постоянным параллактическим углом. Он весьма прост по устройству и имеется в зрительных трубах всех геодезических приборов. Сетка нитей таких труб кроме основных вертикальной и горизонтальной нитей имеет дополнительные штрихи (нити), называемые *дальномерными* – n_1 и n_2 (рис. 4.16).

4.4.1. Снятие отсчета по дальномеру и определение коэффициента дальномера

Для измерения расстояния с помощью дальномера теодолит устанавливается на точку, приводится в рабочее состояние и направляется на рейку, установленную на точке, расстояние до которой

необходимо определить. Снимают отсчет по рейке по нижней дальномерной нити (n_1), например 1140 мм, затем по верхней (n_2), например 1361 мм (рис. 4.16, а), определяют дальномерное расстояние (база дальномера):

$$\Delta n = n_2 - n_1 = 1361 - 1140 = 221 \text{ мм} = 22,1 \text{ см.}$$

Дальнейшие вычисления зависят от коэффициента дальномера (K), который представляет собой отношение фокусного расстояния к дальномерному.

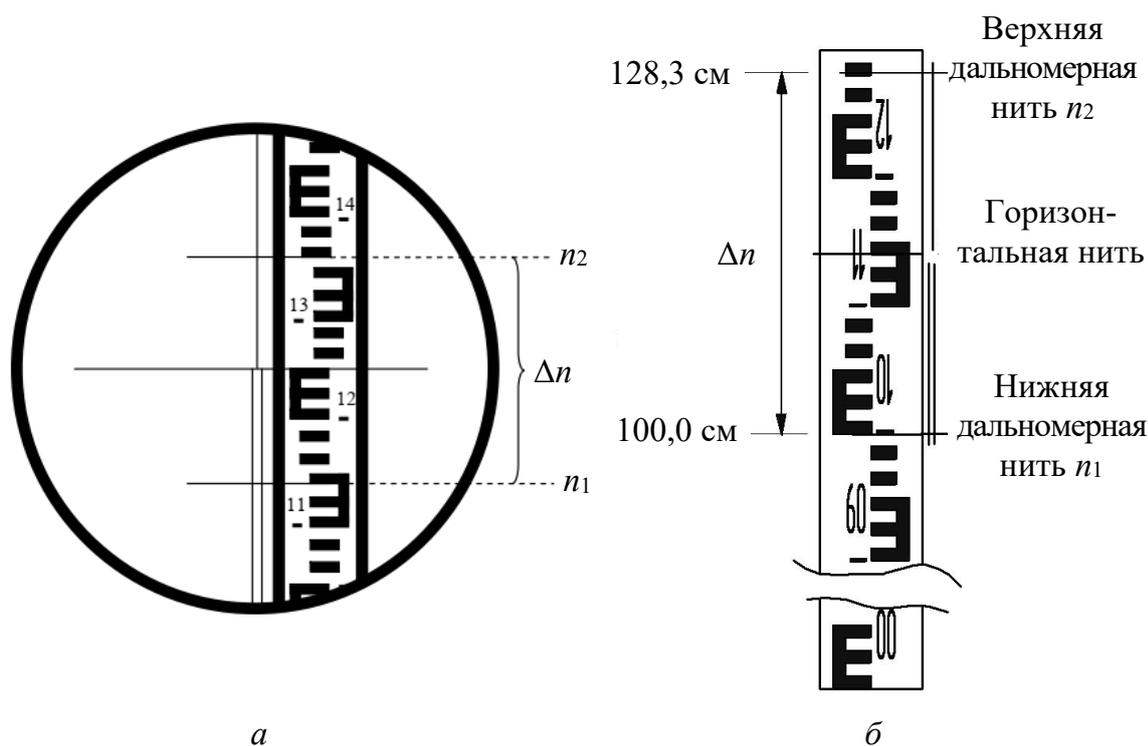


Рис. 4.16. Снятие отсчетов по нитяному дальномеру

Конструктивно во всех геодезических приборах $K = 100$, но иногда погрешности нанесения штрихов сетки нитей, изготовления дальномерной рейки и оптических деталей трубы приводят к небольшим погрешностям (фактически отклонение от 100 не должно быть больше $\pm 0,5\%$). Поэтому если планируется выполнение линейных измерений нитяным дальномером, то рекомендуется определять значение K для каждого теодолита-тахеометра и комплекта нивелирных реек как *дополнительную специальную проверку теодолита*.

Коэффициент дальномера определяют путем измерения дальномером отложенных на местности расстояний в 50, 100 и 150 м

(рис. 4.17). Концы отрезков закрепляются в земле колышками, а длины этих отрезков должны быть измерены в прямом и обратном направлениях компарированной рулеткой.

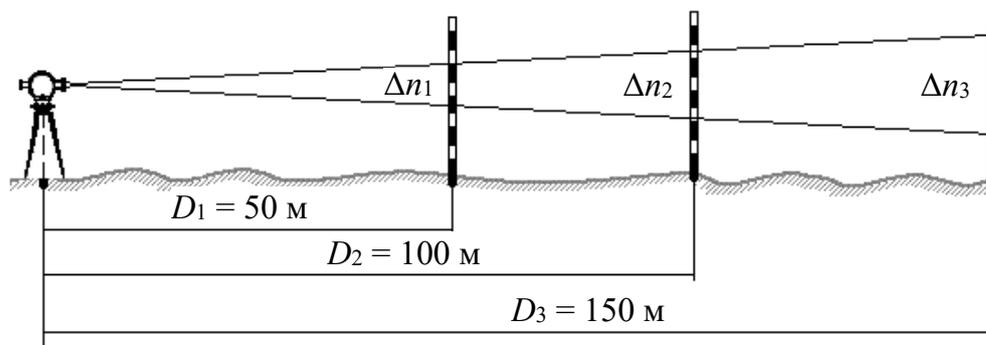


Рис. 4.17. Схема определения коэффициента дальномера

Поочередно ставя на колышки рейку, определяют дальномерные расстояния Δn_1 , Δn_2 и Δn_3 , затем делением расстояния (D_i) на разность отсчетов (Δn_i), например $K_1 = D_1 / \Delta n_1$ и т. д., вычисляют три значения коэффициента дальномера (записываются в тетрадь-дневник практики). Рассчитывают среднее арифметическое (K) этих значений, которое и используется далее в расчетах.

По умолчанию коэффициент дальномера в теодолитах 2ТЗ0 (ТЗ0) принимается за 100, и расстояние D находится по формуле

$$D = K \cdot \Delta n + c \approx K \cdot \Delta n, \quad (4.47)$$

где c – постоянное слагаемое дальномера, величина которого крайне мала по сравнению с точностью отсчета, поэтому ей обычно пренебрегают при расчетах.

В итоге для рис. 4.16, а: $D = 100 \cdot 22,1 \text{ см} = 2210 \text{ см} = 22,1 \text{ м}$.

Для упрощения снятия отсчетов по дальномеру нижний (меньший) дальномерный штрих n_1 совмещают с делением шкалы 10 дм (1000 мм), т. е. отсчет $n_1 = 100,0 \text{ см}$ (рис. 4.16, б); при этом отсчет по верхнему (большему) дальномерному штриху $n_2 = 128,3 \text{ см}$. В нашем примере дальномерное расстояние Δn составляет: $\Delta n = n_2 - n_1 = 128,3 - 100,0 = 28,3 \text{ см}$, что при коэффициенте дальномера равном 100, будет равно расстоянию 28,3 м (рис. 4.16, б).

Данный способ определения дальномерного интервала является более предпочтительным, поскольку требуется взятие только одного отсчета по верхнему штриху нитяного дальномера, а нижний отсчет, равный кратному значению метра (100 см), отнимается,

и таким образом исключается арифметическая операция определения разности отсчетов, что ускоряет процесс съемки.

Примечание. В виде исключения (если не видна часть рейки с одним из дальномерных штрихов) допускается определение расстояния по двум штрихам – среднему и верхнему (рис. 4.16, б), но при этом нужно разность отсчетов увеличить в два раза ($K = 200$).

4.4.2. Абрис и кроки

Съемка начинается с зарисовки *абриса* – схематичного чертежа местности, выполненного от руки, на котором условными знаками соразмерно показываются элементы ситуации и рельефа относительно станций теодолитного хода, или *кроки* (фр. *croquis* – чертеж) – чертеж, который составляют на глаз в довольно крупном масштабе отдельно для каждой съемочной точки. На нем показывают положение всех речных точек, а также основные элементы местности: контуры угодий, застройку, названия.

В ходе проведения съемки в абрисе отмечают местоположение съемочных пикетов с подписью их порядковых номеров (рис. 4.18). Съемочные пикеты следует намечать на характерных точках ситуации – *контурных точках* (повороты дорог, тропы, их пересечение, углы зданий, сооружений и контуров объектов, столбы линий электропередач и т. д.) и рельефа – *рельефных точках* (повышения и понижения местности, равномерно обходя все крупные формы рельефа). При этом необходимо строго следить, чтобы нумерация точек в журнале и в абрисе совпадала. Во всех возможных случаях речные точки рельефа и ситуации совмещают.

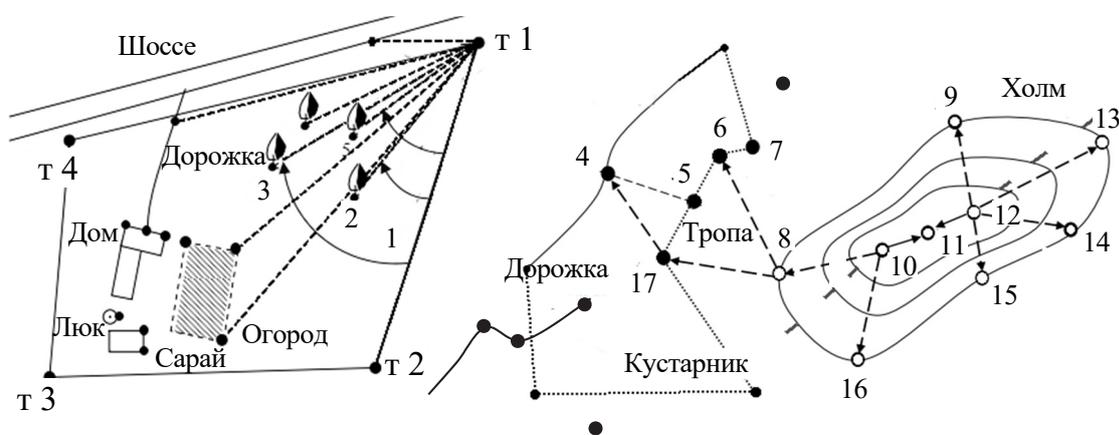


Рис. 4.18. Схематическое расположение речных точек (абрис):

● контурных; ○ высотных

Для выполнения тахеометрической съемки необходимы 4 человека, а также теодолит-тахеометр, штатив с отвесом и противове­сом, резинка или яркая веревочка, рейки нивелирные – 2 шт.; вешка, рулетка, полевой журнал тахеометрической съемки, полевая сумка, тетрадь-дневник практики или листы формата А4.

На каждой станции перед началом тахеометрической съемки бригадир, реечники и записывающий делают рекогносцировку местности, выявляют характерные точки ситуации и рельефа (зда­ния, дороги, инженерные коммуникации, водоразделы, перегибы скатов и др.), намечают положение пикетов (реечных точек).

Размещение реек по пикетам является важным моментом ра­боты, поэтому за него отвечает бригадир, который лично руководит расстановкой студентов бригады с рейками (реечников), дает соот­ветствующие указания, производит некоторые работы по определе­нию положения точек, лежащих вблизи выставленной рейки, и де­лает различные промеры, например определяет ширину дороги, измеряет стороны зданий, сооружений и т. д.

При съемке в масштабе 1:500 и высоте сечения рельефа 0,5 м расстояния от теодолита до реечной точки не должны быть более 100 м при съемке рельефа, 80 м при съемке непостоянных контуров, 60 м при съемке твердых контуров. Максимальные расстояния между соседними реечными точками должны быть в пределах 15 м.

При съемке рельефа пикеты стремятся распределить равно­мерно по всему участку съемки. Если рельеф выражен резко, то ра­ционально точки выбирать в наиболее характерных местах – на вер­шинах, хребтах, точках перегиба ската и т. д.

При съемке ситуации пикеты должны быть на всех поворотах контура. Контур принимают за прямую в том случае, если лежащие на нем точки отклоняются от прямой не более чем на 0,1–0,35 м (в масштабе 1:500) в зависимости от вида контура. Чем отчетливее очерчен контур, тем точнее он должен быть снят.

Примечание. Съемку не всех элементов ситуации целесооб­разно производить пикетами (точками). Некоторые размеры легче измерить и указать их на абрисе, например ширину дороги, лесополосы, газона, реки, выступов и уступов по периметру здания.

В целях контроля и во избежание пропусков («окон») при та­хеометрической съемке следует определять с каждой станции не­сколько пикетов, измеренных с соседних станций.

При переходе с одной станции на другую нумерацию пикетов необходимо продолжать, т. е. номера не должны повторяться (должны иметь *сквозную нумерацию* для всего участка работ). Сквозная нумерация должна быть совмещенной для речных точек рельефа и ситуации, т. е. если на первой станции взяли 18 пикетов (речных точек), то на второй станции начинают с 19-го пикета, причем в этом случае и в тахеометрическом журнале, и в кроки подчеркивают номер последнего пикета, взятого на каждой станции. Нумерацию пикетов необходимо все время сверять (обязательной должна быть проверка каждого 10-го, 20-го и т. д. пикетов).

Результаты всех измерений по определению планово-высотного положения съемочных точек и абрис (или кроки) заносят в специальный полевой журнал – «Журнал тахеометрической съемки» (рис. 4.19). В последствии данный журнал проходит камеральную обработку.

Примечание. При большом числе речных точек, приходящемся на одну станцию, следует время от времени (*после каждых 10 точек*) проверять *ориентировку лимба* (чтобы совпадало $0^{\circ}00'$ по горизонтальному кругу при ориентировании на вешку, расположенную на следующей или предыдущей станции).

Прежде чем снимать инструмент со станции, необходимо сверить составленный кроки с тахеометрическим журналом (рис. 4.19), 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 с кроки, для того чтобы выявить грубые погрешности. Лишь после этого осуществляется переход на следующую станцию. Именно при таких условиях удастся избежать необходимости частого возвращения с инструментом на станцию и повторения работ.

4.4.3. Порядок работы на станции тахеометрической съемки

В процессе полевых работ бригада разбивается на две части: одна работает с инструментом, другая занята составлением и ведением абриса (кроки) и мелкими промерами. Поскольку кроки должны быть увязаны с результатом измерений, выполненных

с помощью инструмента, обе группы работают в контакте между собой. Группа, занятая работой с инструментом, включает наблюдателя, работающего непосредственно с тахеометром, человека, записывающего результаты измерений, и двух реечников. Состав указанных групп меняется для того, чтобы каждый член бригады являлся исполнителем всех видов работ по съемке. Последовательность работ на станции при проведении тахеометрической съемки отражена на рис. 4.20.

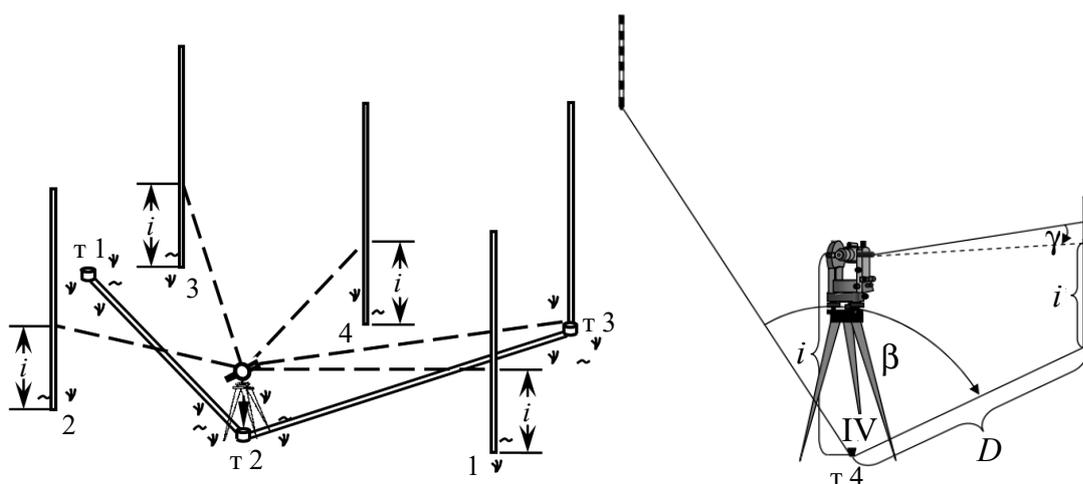


Рис. 4.20. Работы на станции при проведении тахеометрической съемки:
 1, 2, 3, 4 – реечные точки;
 т 1, т 2, т 3, т 4 – станции тахеометрической съемки

Перед началом работ все основные поверки теодолита должны быть пройдены. Тахеометрическую съемку следует выполнять *при круге слева* (проще вычислять углы наклона).

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

2. Измеряют высоту прибора (i) – с помощью рулетки или рейки с точностью до ± 5 мм и отмечают ее на черной стороне на двух рейках (тесью, веревочкой или резинкой) и записывают в журнал (см. рис. 4.19), например $i = 1,35$ м (табл. 4.5).

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

3. Устанавливают вешку на вершине (точке) задней смежной станции. Данная операция проводится для выбора стороны хода, принимаемой за полярную ось.

Примечание. 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. Средний (горизонтальный) штрих сетки нитей зрительной трубы (см. рис. 4.16) наводят на высоту прибора i , отмеченного на рейке, и делают отсчеты по дальномеру, горизонтальному и вертикальному кругам. Результаты заносятся в журнал, например на заднюю точку – 120,0 м; 182°56'; –0°47' соответственно (табл. 4.5), на переднюю – 110,7 м; 105°37'; –1°32'.

Таблица 4.5

Журнал тахеометрической съемки

(приборы: теодолит 2Т30П, нивелирная рейка РНТ)

« 8 » июня 2023 г. Станция т 1 Ориентирование на Рп 33
 КП = –0°47' МО 0°01' Круг Л
 КЛ = 0°49' $i =$ 1,35 м $H_{ст} =$ 173,956 м

Номер точки	Высота наведения v	Дальномер D , м	Круг	Отсчеты по кругу		Угол наклона $\pm v$	Горизонтальное проложение d , м	Превышение, м			Отметки съемочных пикетов, $H_{сп}$, м	Горизонтальные углы β
				горизонтальному (ГК)	вертикальному (ВК)			$\pm h$	$i - v$	$\pm h = h' + i - v$		
Рп 33	1,35	120,0	П	182°56'	–0°47'	–	–	–	–	–	–	
т 2	–/–	110,7	П	105°37'	–1°32'	–	–	–	–	–	–	$\beta' = 77^\circ 19'$
Рп 33	–/–	120,0	Л	0°00'	0°49'	0°48'	119,98	1,68	0	1,68	–	$\beta'' = 77^\circ 17'$
т 2	–/–	110,7	Л	282°43'	1°34'	1°33'	110,62	3,00	0	3,00	–	$\beta_1 = 77^\circ 18'$
1	1,35	63,1	Л	38°36'	–1°14'	–1°15'	63,07	–1,38	0	–1,38	172,58	Дерево
2	–/–	169,9	Л	45°14'	0°19'	0°18'	169,90	0,89	0	0,89	174,85	Люк
3	–/–	149,3	Л	59°04'	0°21'	0°20'	149,29	0,87	0	0,87	174,83	Дерево
4	–/–	101,5	Л	104°30'	–1°45'	–1°46'	101,40	–3,13	0	–3,13	170,83	Тропинка
5	–/–	135,0	Л	119°30'	–1°46'	–1°47'	134,87	–4,20	0	–4,20	169,76	Рельеф
6	–/–	93,8	Л	210°20'	–1°44'	–1°45'	93,71	–2,86	0	–2,86	171,10	Дерево
7	2,00	46,4	Л	226°20'	0°01'	0°00'	46,40	0,46	–0,65	–0,19	173,77	Куст
8	1,35	91,5	Л	233°30'	–0°01'	–0°02'	91,50	–0,05	0	–0,05	173,91	ЛЭП

Далее переводят зрительную трубу через зенит, устанавливая его в положение «круг лево» (КЛ) и наводят визирную ось зрительной трубы на переднюю и заднюю точки 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, записывая их в журнал (см. табл. 4.5), например на заднюю точку – 120,0 м; $0^{\circ}00'$; $0^{\circ}49'$ соответственно, на переднюю – 110,7 м; $282^{\circ}43'$; $1^{\circ}34'$.

4. *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 (2Т30) МО близко или равно $0^{\circ}00'$.

Для определения места нуля наводят средний (горизонтальный) штрих сетки нитей зрительной трубы (см. рис. 4.16) на высоту прибора i , отмеченную на рейке резинкой или веревкой, или на любую точку на местности, размещенную 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 (рис. 4.19, табл. 4.5).

Примечание. Если выполнялось тригонометрическое нивелирование и измерялись горизонтальные углы (см. примечание к пункту 3 списка), то отсчеты по вертикальному кругу при визировании на высоту прибора i на одну и ту же точку можно использовать для определения места нуля, например, при визировании на Рп 33 (см. табл. 4.5) КП: $-0^{\circ}47'$, КЛ: $0^{\circ}49'$.

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

Это значит, в горизонтальном круге *слева* разместить лимб теодолита, установленного на станции, так, чтобы при визировании на вешку отсчет по лимбу был равен $0^{\circ}00'$. Для ориентирования лимба по заданному направлению отпускают закрепляющий косой винт алидады и вращают ее, т. е. поворачивают сам теодолит по часовой или против часовой стрелки, глядя в окуляр микроскопа, пока не увидят, что отсчет по лимбу совмещен с 0° по горизонтальному кругу (при этом стараясь совместить точно с $0^{\circ}00'$). С помощью наводящего винта алидады устанавливают точный отсчет, равный

0°00' по горизонтальному кругу при одновременном визировании на вешку, и зажимают алидаду *косым* закрепительным винтом.

Важно! В процессе съемки *нельзя* откручивать *косой* закрепительный винт алидады, иначе произойдет сбой полярной оси съемки.

б. Составляют абрис (кроки) местности. Намечают все речные 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 (см. рис. 4.18). Абрис (кроки) рисуют в журнале (см. рис. 4.19) или на отдельном листе. Можно провести рекогносцировку и нарисовать общий абрис (рис. 4.21) для всех станций или для нескольких (при этом стоит указывать на абрисе или в примечании (см. табл. 4.5) названия точек – дерево, куст или обозначать их условными знаками).

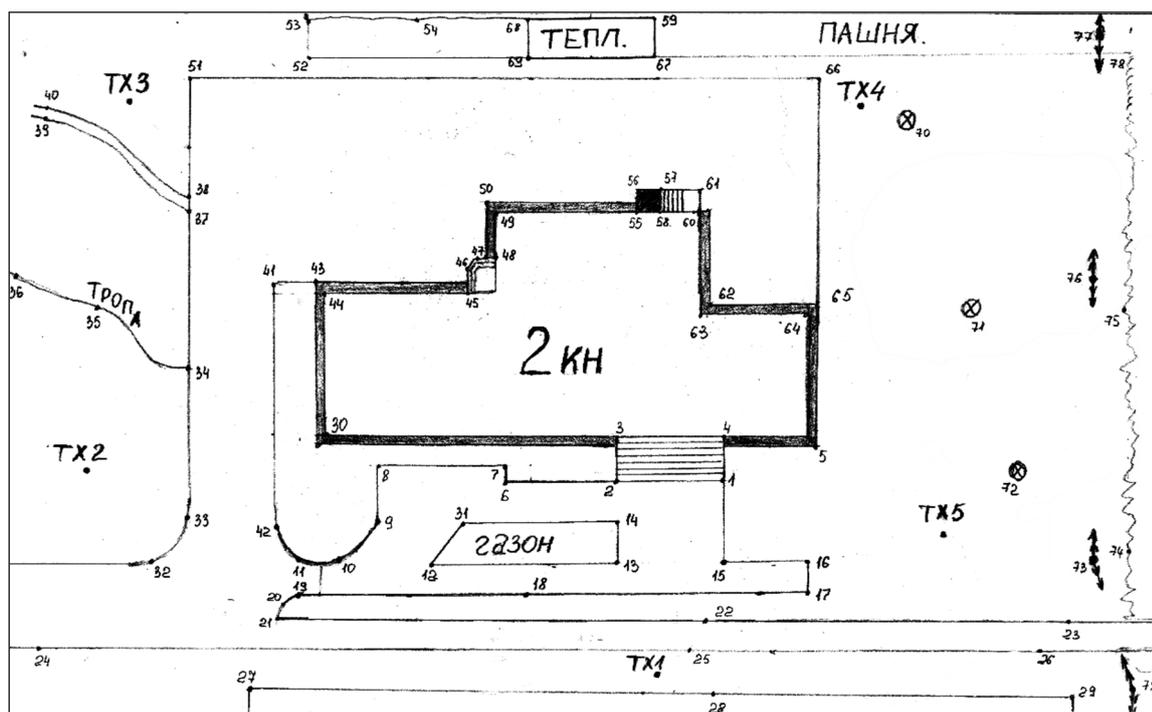


Рис. 4.21. Абрис тахеометрической съемки для нескольких станций

7. После этого приступают к съемке ситуации и рельефа. Все измерения по речным точкам выполняются *при положении «круг лево»*:

– поочередно посылают речников на характерные точки контуров и рельефа, отмеченные на абрисе (кроки), где они ставят рейку;

– поочередно наводят перекрестие сетки нитей визирной трубы (рис. 4.22) на высоту прибора i на каждой рейке и снимают отсчеты по вертикальному и горизонтальному кругу – эти данные заносятся в журнал (см. рис. 4.19, табл. 4.5);

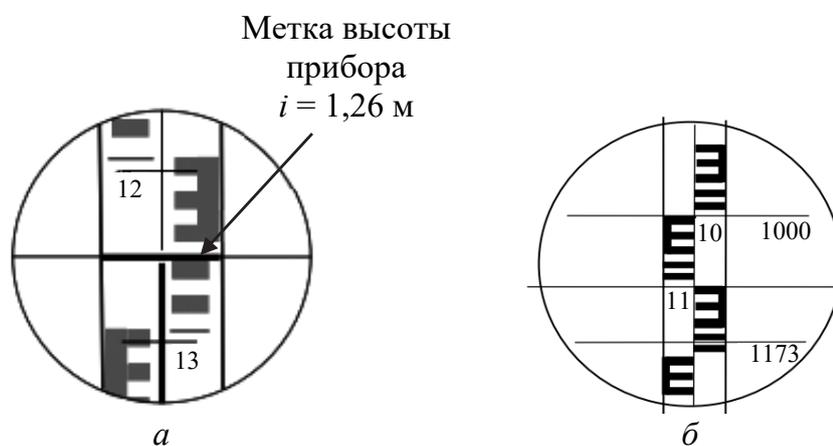


Рис. 4.22. Наведение на рейку:

a – на высоту прибора ($i = 1,26$ м); $б$ – на верхний дальномерный штрих (1000 мм)

– измеряют расстояние по дальномеру и заносят его в тахеометрический журнал (см. рис. 4.19, табл. 4.5). Отсчеты по дальномеру проще снимать по черной стороне рейки. Для упрощения их снятия, верхний дальномерный штрих совмещают с делением шкалы 10 дм, т. е. 100,0 см (см. рис. 4.16, $б$, 4.22), при этом отсчет по нижнему дальномерному штриху будет равен 117,3 см. При коэффициенте дальномера $K = 100$ расстояние составит: $(117,3 - 100) \cdot 100 = 1730$ см = 17,3 м.

Примечание. В виде исключения в графу «Дальномер» тахеометрического журнала можно записывать просто отсчеты по нижнему дальномерному штриху, например 1173 мм (см. рис. 4.22). А расчеты расстояний выполнить потом в камеральных условиях.

При невозможности визирования на высоту прибора, отмеченную на рейке (например, из-за густой растительности), можно визировать на любую высоту (например, на 20 дм), называемую высотой наведения v . И при этом *данная высота наведения заносится* в журнал;

– после каждых 10 измерений (и по окончании всех измерений) по реечным точкам на станции проверяют ориентирование прибора на вешку. Для этого зрительную трубу прибора вновь наводят на заднюю точку хода, проверяют ориентирование лимба прибора на отсчет $0^{\circ}00'$ по горизонтальному кругу. Если отсчет отличается

от начального значения 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* 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 (см. рис. 4.19, табл. 4.5).

4.4.4. Вычислительная обработка журнала тахеометрической съемки

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

Вычисление горизонтальных углов (если они измерялись в процессе тахеометрической съемки). В столбце 5 журнала (см. табл. 4.5) приведены значения отсчетов по горизонтальному кругу для направлений на задний и передний по ходу пункты съемочного обоснования. Например, при установке теодолита над пунктом т 1 (станция т 1) при визировании на заднюю точку Рп 33 и положении вертикального круга КП (первая строка на станции т 1) отсчет по горизонтальному кругу $Z = 182^{\circ}56'$, а при визировании на переднюю точку т 2 отсчет П = $105^{\circ}37'$. Горизонтальный угол вычисляется по формуле (3.2): $\beta = Z - П$.

При полуприеме КП $\beta_1' = 77^{\circ}19'$ (результат записывается в столбце 13 табл. 4.5).

При втором полуприеме, выполняемом при положении КЛ, получены отсчеты $Z = 0^{\circ}00'$ и $П = 282^{\circ}43'$. Горизонтальный угол вычисляется по формуле (3.2). Второе значение угла на станции т 1 $\beta_1'' = 77^{\circ}17'$ (результат записывается в столбце 13 табл. 4.5).

При измерении горизонтальных углов между сторонами плано-съемочного обоснования методом тахеометрической съемки

требования к точности вычисления углов такие же, как и при проведении теодолитной съемки (допустимое расхождение между измеренными значениями горизонтальных углов не должно составлять более 2'). Расхождение между полуприемами на станции т 1 составляет $\Delta = \beta'_1 - \beta''_1 = 2'$, допустимое расхождение выполняется, и можно рассчитать среднее значение горизонтального угла как среднеарифметическое между двумя полуприемами: $\beta_1 = 77^\circ 18'$, оно принимается за результат измерения и записывается в столбце 13 табл. 4.5.

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 – деления от 0 до $+90^\circ$ и от 0 до -90° (теодолиты 2Т30, 2Т30П).

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

$$\text{МО} = \frac{\text{Л} + \text{П}}{2}. \quad (4.48)$$

Для теодолита Т30 (4Т30) МО вычисляют по формуле.

$$\text{МО} = \frac{\text{Л} + \text{П} - 180^\circ (540^\circ)}{2}. \quad (4.49)$$

Значение МО записывают в подзаголовке станции.

Угол наклона (v) вычисляют как разницу между отсчетом по вертикальному кругу (Л) и местом нуля (МО):

$$v = \text{Л} - \text{МО}. \quad (4.50)$$

Вычисленное значение угла наклона указывается в столбце 7 табл. 4.5 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 $d = D \cdot \cos^2 v$; $h' = d \cdot \text{tg } v$ или $h' = \frac{1}{2} \cdot D \cdot \sin (2 \cdot v)$.

Превышение с учетом высоты наведения будет равно

$$h = h' + (i - v), \quad (4.51)$$

где d – горизонтальное проложение, м; D – наклонное расстояние от станции до рейки, определенное по нитяному дальномеру, м;

v – угол наклона, град; h – превышение, м; i – высота прибора на станции, м; v – высота наведения, т. е. отсчет по рейке, на который наводился центр сетки нитей зрительной трубы теодолита для того, чтобы снять отсчеты по горизонтальному и вертикальному кругам, м.

Примечание. Если угол наклона $v < 1^\circ 30'$, то горизонтальное положение принимают равным дальномерному расстоянию, т. е. $d = D$.

Вычисления можно выполнять при помощи инженерного калькулятора или персонального компьютера.

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

Значение d записывается в столбце 8 журнала тахеометрической съемки (табл. 4.5), величина h' – в столбце 9, разность $i - v$ (высота прибора минус высота наведения) – в столбце 10, превышение h – в столбце 11.

Примечание. Следует помнить, что если угол наклона имеет отрицательный знак, то превышение тоже будет со знаком «минус».

Вычисление отметок съемочных пикетов. Найденные отметки пунктов съемочного обоснования (станций) $H_{ст}$ (см. табл. 4.3) необходимо занести в журнал тахеометрической съемки в отведенные для этого строки « $H_{ст} = \underline{\hspace{2cm}}$ », а отметки $H_{сп}$ съемочных пикетов записать в столбце 12, вычислив их по формуле

$$H_{сп\ i} = H_{ст} + h_i, \quad (4.52)$$

где $H_{ст}$ – отметка данной станции, м; h_i – полученное с этой станции превышение на съемочный пикет с номером i , записанное в столбце 11 табл. 4.5.

4.5. Составление топографического плана

Топографический план туристического маршрута строится по этапам выполнения полевых работ:

- 1) построение координатной сетки;
- 2) нанесение пунктов съемочного обоснования по их прямоугольным координатам;
- 3) нанесение ситуации, снятой различными способами;
- 4) нанесение реечных точек (пикетов) по результатам тахеометрической съемки и формирование контуров ситуации;
- 5) построение горизонталей, отображающих рельеф участка съемки;
- 6) оформление плана участка.

4.5.1. Построение координатной сетки и нанесение пунктов съёмочного обоснования по их прямоугольным координатам

Для составления плана используется ватман формата А1 (А0), на который при помощи линейки Дробышева Ф. В. (рис. 4.23) или циркуля-измерителя и масштабной линейки наносится координатная сетка.

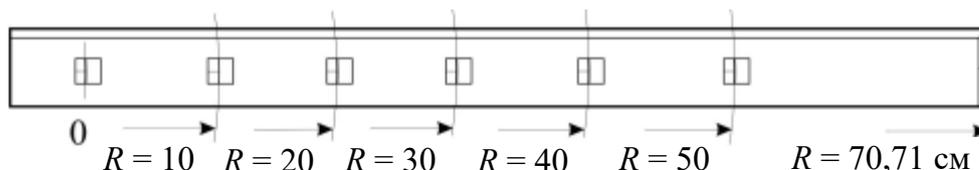


Рис. 4.23. Линейка профессора Дробышева Ф. В.

Координатная сетка вычерчивается квадратами 10×10 см (рис. 4.24) максимальным размером 50×50 см (в зависимости от величины и формы участка может быть 30×40 см, или выбранного масштаба стороны могут продлеваться, например 5 на 6 квадратов, т. е. 50×60 см). Применение линейки Дробышева основано на использовании свойства прямоугольного (египетского) треугольника, т. е. с отношением сторон 3:4:5.

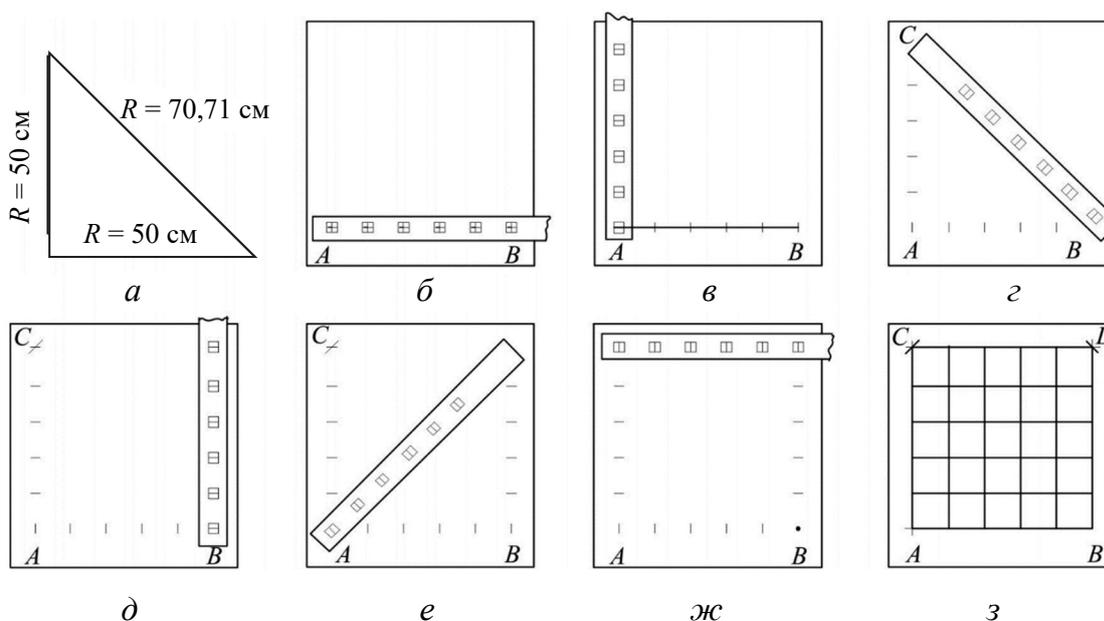


Рис. 4.24. Последовательность построения координатной сетки линейкой Дробышева

Порядок работ при построении сетки квадратов линейкой Дробышева:

1) прочерчивают внизу листа линию, приложив линейку к его основанию, на линии намечают точку A (10 см от левого края листа), от которой откладывают точку B (6-е окно), ставя при этом засечки в каждом окошке со стороны скошенного основания (рис. 4.24, б);

2) засечками из точки A по стороне квадрата (1-е окно), а из точки B по диагонали (6-е окно) получают точку C (рис. 4.24, в, з);

3) засечками из точки B по стороне квадрата (6-е окно), а из точки A по диагонали (1-е окно) получают точку D (рис. 4.24, д, е);

4) проверяют отрезком между засечками C – D точность построения (допустимое расхождение 0,2 мм) и ставят засечки в окнах по линии (рис. 4.24, ж);

5) полученный квадрат разбивают на малые квадраты со сторонами 10×10 см (соединяют линейкой все засечки на сторонах (рис. 4.24, з)).

Координатную сетку оцифровывают для плана выбранного масштаба так, чтобы пункты съемочного обоснования разместились в пределах координатной сетки, чаще всего в масштабе 1:500 (в 1 см 5 м). При этом в зависимости от размера и формы участка могут использоваться другие масштабы, как правило, в пределах 1:500 – 1:5000 (в учебных целях можно применять 1:400 и др.).

Примечание. Можно первоначально построить координатную сетку в масштабе 1:5000 (в 1 см 50 м) на тетрадном листе в клетку со стороной квадрата 1 см, что позволит достаточно точно оценить положение теодолитного хода внутри координатной сетки, выяснить, помещаются ли результаты съемки ситуации на лист, и определить количество необходимых квадратов.

Производят оцифровку координатной сетки, выставляя по вершинам квадратов значения Y (вертикально) и X (горизонтально). Для этого выбирают в координатной ведомости (табл. 4.2) координаты по осям X и Y , имеющие *наименьшее* и *наибольшее* значения. Например: в табл. 4.2 такими координатами являются по оси X наименьшее значение координаты точки 8 ($X_8 = 10\ 084,429$) и наибольшее значение точки 1 ($X_1 = 10\ 232,752$); по оси Y наименьшее значение координаты точки 12 ($Y_{12} = 10\ 861,240$) и наибольшее значение точки 5 ($Y_5 = 11\ 053,151$).

Высчитываем разницу максимальных и минимальных значений по X и Y , например $\Delta X = 10\ 232,752 - 10\ 084,429 = 148,323$ м и $\Delta Y = 11\ 053,151 - 10\ 861,240 = 191,911$ м.

Координатная сетка состоит из квадратов 10×10 см, что в масштабе 1:500 дает квадраты 50×50 м, т. е. их сторона равна 50 м. В нашем случае по оси X ситуация разместится на 3 квадратах ($148,323 / 50 \approx 3$ – с округлением в большую сторону) и по оси Y также на 4 квадратах ($191,911 / 50 \approx 4$). Это говорит о том, что для нанесения ситуации по табл. 4.2 достаточно сетки 50×50 см.

Отсчет координат начинают с чисел меньше наименьших координат ($X_8 = 10\,084,429$ и $Y_{12} = 10\,861,240$) и кратных 50 (так как 10 см в масштабе 1:500 соответствуют 50 м на местности). Таким числом по оси X является 10 050 м, а по оси Y 10 850 м. Проводят оцифровку остальных линий сетки через 50 м, при этом контролируют максимальные значения координат, чтобы они не вышли за границы координатной сетки.

Нанесение пунктов съёмочного обоснования. После разбивки координатной сетки наносят пункты теодолитного хода (рис. 4.25), согласно их вычисленным координатам (см. табл. 4.2).

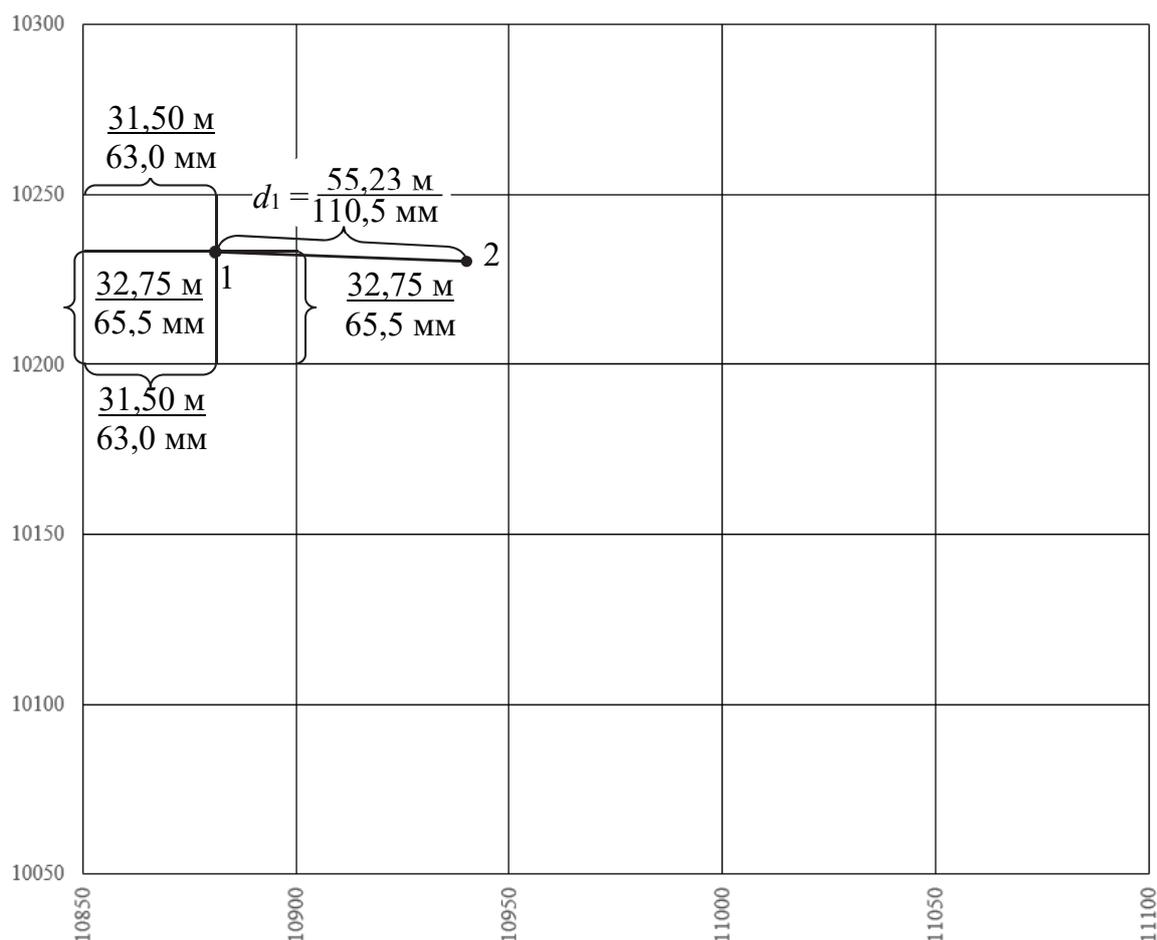


Рис. 4.25. Нанесение точек по их координатам

Для этого вначале определяют квадрат координатной сетки, в который попадает та или иная точка теодолитного хода, рассчитывают приращения координат относительно юго-западной вершины этого квадрата, после чего в соответствии с данными приращениями наносят на план точку. Например, нанесем точку 1 ($X_1 = 10\,232,752$; $Y_1 = 10\,881,497$). Она будет находиться (см. рис. 4.25) в квадрате с вершинами: $X_{\text{н}} = 10\,200$ м; $X_{\text{в}} = 10\,250$ м; $Y_{\text{л}} = 10\,850$ м; $Y_{\text{п}} = 10\,900$ м.

По обеим вертикальным сторонам указанного квадрата в масштабе откладывают вверх приращение абсциссы точки 1 над абсциссой нижней стороны квадрата ($10\,200$ м): $X_1 - X_{\text{н}} = 10\,232,752 - 10\,200 = 32,752$ м. В масштабе 1:500 это расстояние будет равняться: $32,752 \cdot 1 / 5 = 6,55$ см = 65,5 мм (в 1 см – 5 м, $d_{\text{п}} = 32,752$ м).

По горизонтальным сторонам вправо откладывают в масштабе приращение ординаты точки 1 над ординатой левой стороны квадрата $Y_1 - Y_{\text{л}} = 10\,881,497 - 10\,850 = 31,497$ м. В масштабе 1:500 отрезок на плане составит $31,497 / 5 = 6,30$ см = 63,0 мм (рис. 4.25).

Приложив линейку к горизонтальным меткам, прочерчивают короткую линию в предполагаемом месте размещения точки, аналогично прикладывают линейку к вертикальным штрихам, прочерчивают отрезок так, чтобы он пересек первый. Пересечение этих линий и определяет положение точки 1.

Аналогичным образом наносят следующую точку полигона и сразу проверяют правильность нанесения полученных точек. Для этого используют значения дирекционного угла данной линии и ее горизонтального проложения (в соответствии с масштабом). Данные для проверки выбираются из столбца 6 ведомости вычисления координат вершин теодолитного хода (см. табл. 4.2). Допустимая погрешность длины составляет 0,5–0,8 мм. Правильность направления нанесенной линии в соответствии с ее дирекционным углом проверяют с помощью транспортира.

Примечание. Не проверив правильность расположения измерением на плане длин сторон между двумя нанесенными пунктами планово-съемочного обоснования, не приступают к нанесению следующей точки. Так, после нанесения точки 2 по данным координатной ведомости длина линии 1–2 (d_1) составляет 55,23 м, что в масштабе 1:500 составляет 11,05 см (110,5 мм) (см. рис. 4.25). После

проверки линейкой этого расстояния и при его совпадении с данными табл. 4.2 переходят к нанесению точки 3.

Пример координатной сетки для масштаба 1:500 и расположения пунктов съёмочного обоснования приведены на рис. 4.26.

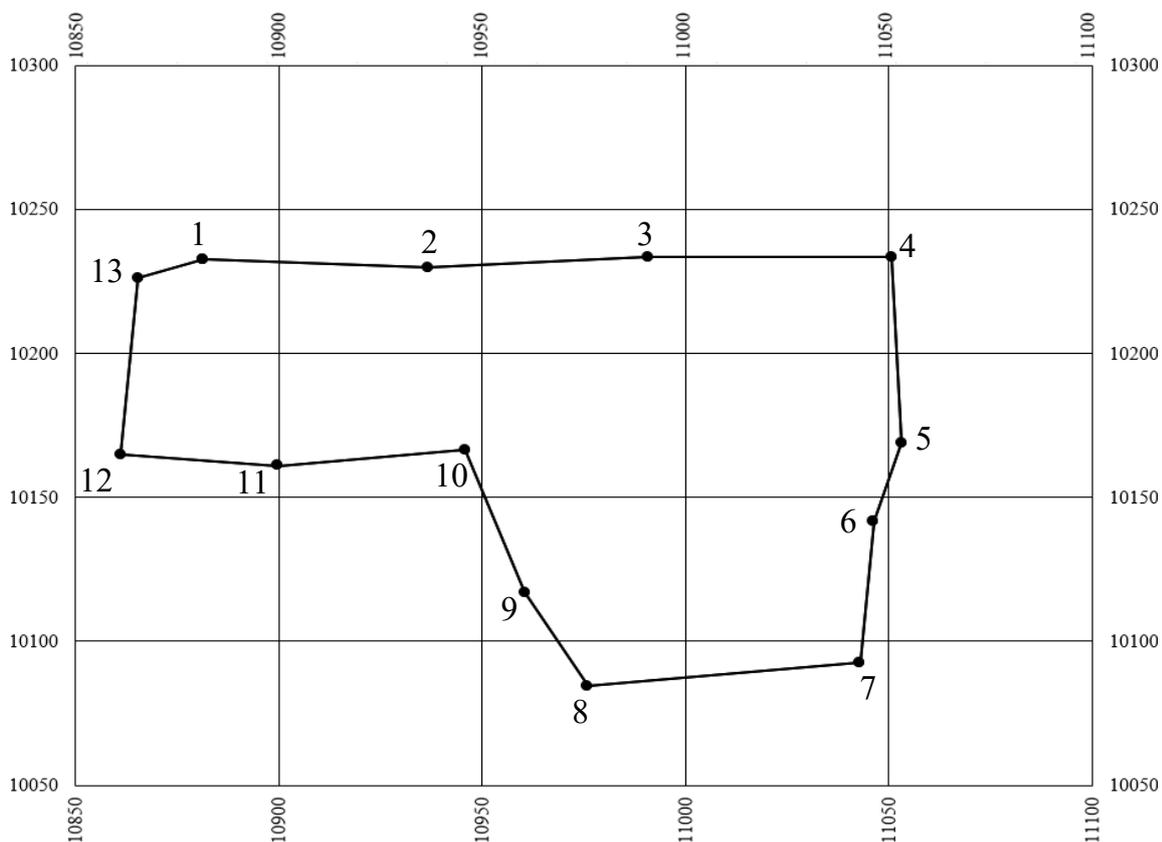


Рис. 4.26. Нанесение плано-съёмочного обоснования топографической съёмки

4.5.2. Нанесение ситуации, снятой различными способами

Вынос на план результатов съёмки подробностей осуществляется от линий и вершин теодолитного хода. Для этого используются абрисы теодолитной съёмки, оформленные при выполнении работ разными методами съёмки ситуации: перпендикуляров, полярным, угловых засечек, линейных засечек, створов, обхода (см. рис. 4.8–4.13).

При нанесении точек, снятых способом угловых засечек, в вершинах базисов откладывают углы и прочерчивают направления, пересечение которых определяет положение искомой точки на плане.

Нанесение точек способом линейных засечек выполняется с помощью циркуля-измерителя и сводится к построению треугольника по трем сторонам, длины которых измерены при съемке.

Для точек, снятых способом обхода, могут быть вычислены координаты, поэтому их нанесение на план производится так же, как и точек съемочного обоснования. При графическом способе нанесения последовательно выполняют те же действия, что и при нанесении точек, снятых полярным способом.

При наложении точек, снятых полярным способом, используют транспортир и линейку или тахеограф (рис. 4.27). Порядок работ схож с нанесением результатов тахеометрической съемки (см. пункт 4.5.3).

При построении контуров местности на плане все вспомогательные чертежи выполняют тонкими линиями. Значения углов и расстояний, приведенных в абрисе, на плане не показывают.

4.5.3. Нанесение съемочных пикетов и прочерчивание контуров объектов местности

Съемочные пикетные точки наносят на план с помощью геодезического транспортира ТГ-1, циркуля-измерителя, масштабной линейки ЛМП-1 или тахеографа (рис. 4.27) по их полярным координатам и высотным отметкам, записанным в журнале тахеометрической съемки (см. табл. 4.5):

- отсчеты по горизонтальному кругу (столбец 5);
- горизонтальные проложения d (столбец 8);
- абсолютные отметки H (столбец 12, если они рассчитаны).

Для примера полярная ось для станции т 1 представлена линией т 1–Рп 33. Это начальное направление указано также в журнале тахеометрической съемки записью «Ориентирование на Рп 33» и отсчетом горизонтального круга, равным $0^{\circ}00'$ (см. табл. 4.5, столбец 5), полученным при визировании на пункт Рп 33 в положении КЛ.

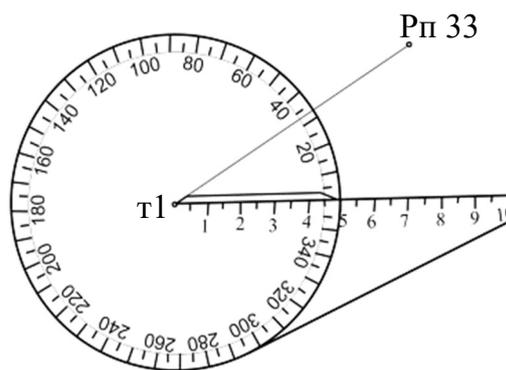


Рис. 4.27. Транспортир-тахеограф

Транспортир ТГ-1 размещают на плане (рис. 4.28, а), совместив его центр с точкой т 1, а нулевой штрих градусных делений направляют в сторону начала отсчета Рп 33 горизонтальных (полярных) углов по прочерченному направлению т 1–Рп 33. От данной линии ориентирования по ходу часовой стрелки с помощью транспортира откладывают горизонтальный угол на пикет 1 ($38^{\circ}36'$), который отмечают засечкой.

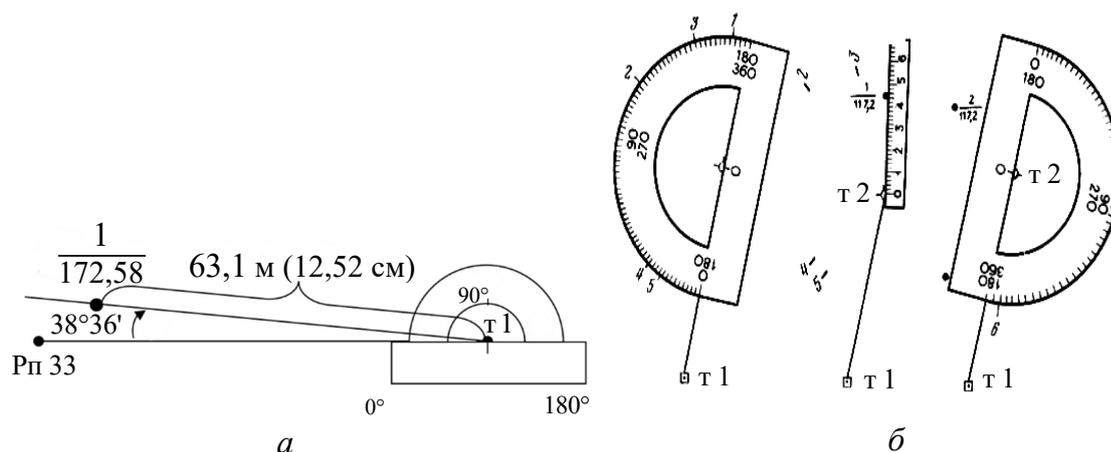


Рис. 4.28. Нанесение точек транспортиром ТГ-1

Вдоль полученного направления линейкой фиксируется горизонтальное проложение d в масштабе плана (при масштабе 1:500 расстоянию 63,1 м на местности соответствуют отрезок равный: $63,1 \cdot 1 / 5 = 12,52$ см).

Положение пикета фиксируют точкой с номером пикета и его отметкой H (столбец 12 табл. 4.5), которую записывают справа от номера пикета (с точностью до 0,01 м). т 2

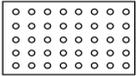
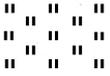
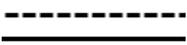
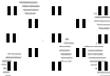
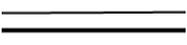
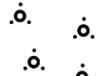
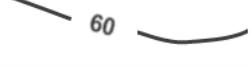
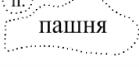
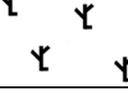
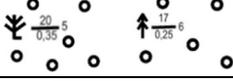
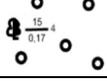
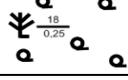
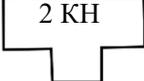
Примечание. Можно, не отнимая транспортир, сначала слабыми штрихами по очереди отметить направления на все пикетные точки (рис 4.28, б), записанные в столбце 5 табл. 4.5, подписывая номера этих направлений. Затем по данным направлениям от точки т 1 отложить в масштабе плана горизонтальные проложения, записанные в столбце 8 журнала тахеометрической съемки. Рядом с новыми полученными пикетными точками подписать их отметки (столбец 12). Старые ненужные штрихи стереть, чтобы не путаться в процессе нанесения.

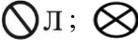
Аналогичным образом выполняют работы по нанесению пикетов на остальных станциях тахеометрической съемки. Большинство нанесенных пикетов используют для изображения рельефа (т. е. для

построения горизонталей), другие – одновременно и для решения этой задачи, и для изображения ситуации на плане. Поэтому, пользуясь абрисами тахеометрической съемки, сначала наносят на план контуры объектов местности, сверяясь также с примечаниями в журнале тахеометрической съемки. Затем соединяют пикеты, принадлежащие одинаковым контурам местности (тропинки, здания, реки, дороги, леса, луга и т. п.). Предметы местности и контуры заполняют установленными условными знаками (табл. 4.6).

Таблица 4.6

Условные знаки топографических планов, карт масштаба 1:500 и генплана

Название и характеристика топографического объекта	Условный знак топографического объекта	Название и характеристика топографического объекта	Условный знак топографического объекта
Пункт триангуляции	 Заря $\frac{138,05}{138,6}$	Сад фруктовый	
Отметка вершины холма, земли	 139,2	Луг	
Грунтовая дорога (проселочная)		Луг заболоченный	
Грунтовая дорога улучшенная		Кустарник	
Асфальтированная дорога		Болото проходимое травяное	
Забор металлический		Тропа	
Забор деревянный		Изгородь	
Горизонталь	 60	Пашня	
Граница леса		Фонтан	
Лес сажены (дуб)		Лес горелый	
Лес хвойный (сосна и ель)		Лес лиственный (береза)	
Вырубка с порослью		Лес хвойный редкий (сосна)	
Спортивная площадка		Здание	 2 КН

Название и характеристика топографического объекта	Условный знак топографического объекта	Название и характеристика топографического объекта	Условный знак топографического объекта
Люк		Урна	
ЛЭП		Тротуар	
Цветник		Газон	
Хвойное дерево		Лиственное дерево	
Живая изгородь стриженная хвойная		Живая изгородь стриженная лиственная	
Куст (группа) из хвойных пород		Куст (группа) из лиственных пород	

4.5.4. Изображение рельефа

Под рельефом местности – важнейшим элементом содержания топографических карт – подразумевается совокупность неровностей земной поверхности. На современных картах рельеф изображается горизонталями. *Горизонталь* – это кривая линия, соединяющая точки с одинаковыми высотными отметками и имеющая следующие свойства:

- горизонтали – замкнутые кривые;
- горизонтали никогда не пересекаются;
- чем меньше расстояние между горизонталями на карте, тем круче выражены склоны у возвышенностей и понижений на местности.

Расстояние между горизонталями по отвесной линии называется *высотой сечения рельефа* (h_c), оно подписывается на картах под линейным масштабом. При слабовыраженном рельефе или более точном его изображении горизонтали могут проводить через 0,5 м. Существует два способа построения горизонталей (интерполирования высот) – графический и аналитический.

При *графическом способе* для облегчения работы необходимо вычертить палетку из параллельных линий, проведенных на листе прозрачной бумаги (кальки) через 1 см (рис. 4.29).

Каждую линию подписывают отметками горизонталей снизу вверх. Данная оцифровка палетки проводится по значениям высотных отметок пикетов (см. табл. 4.5, столбец 12) и станций по всем съёмочным пикетам на всех вершинах хода. Из них выбирается *наименьшая* отметка (например, в табл. 4.5 это высота точки 5 $H_5 = 169,76$ м), значение которой *округляется вниз* до числа, кратного высоте сечения рельефа, т. е. должно делиться на 0,5 м без остатка ($h_c = 0,5$ м), для нашего примера это 169,5 м. Затем вверх, через 0,5 м вписываются остальные значения горизонталей до того момента, пока число не станет больше максимальной отметки по всем пикетам и станциям тахеометрической съёмки (чтобы все высоты помещались между линиями).

Отмечают одну из точек пикетов (рис. 4.30) на палетке (например, точка 7, имеющая в соответствии с табл. 4.5 отметку 173,3 м), помня, что в 1 см 0,5 м, т. е. в 2 мм 0,1 м. Затем смотрят предположительное расположение на палетке второй точки (например, точка 6 с отметкой 171,1 м).

Удерживая первую точку (№ 7) острым предметом (иглока циркуля-измерителя, например), вращают палетку вокруг этой точки (рис. 4.30) до тех пор, пока конечная точка линии не попадет на линию палетки, соответствующую высоте второй точки (№ 6).

Закрепляют палетку в этом положении и точки пересечения линии интерполирования горизонталей с линией, соединяющей реечные точки, кратные сечению рельефа, прокалывают измерителем на эту линию (рис. 4.30) – точки *а, б, в, г*.

Убирают палетку и на отметках циркуля-измерителя на плане ставят штрихи карандашом и подписывают значения соответствующих горизонталей (в данном примере 171,5; 172,0; 172,5; 173,0 м соответственно), которые и будут следами горизонталей.

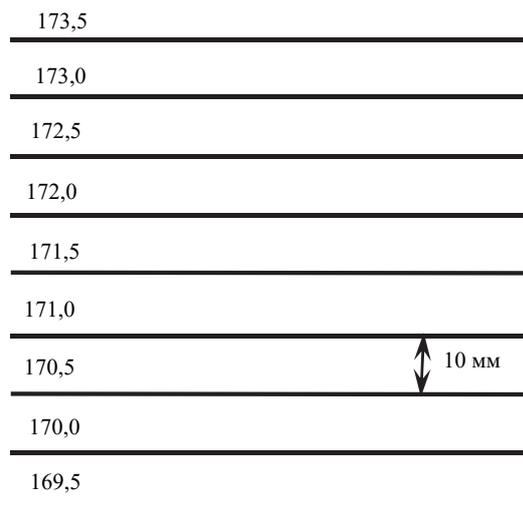


Рис. 4.29. Палетка из параллельных линий

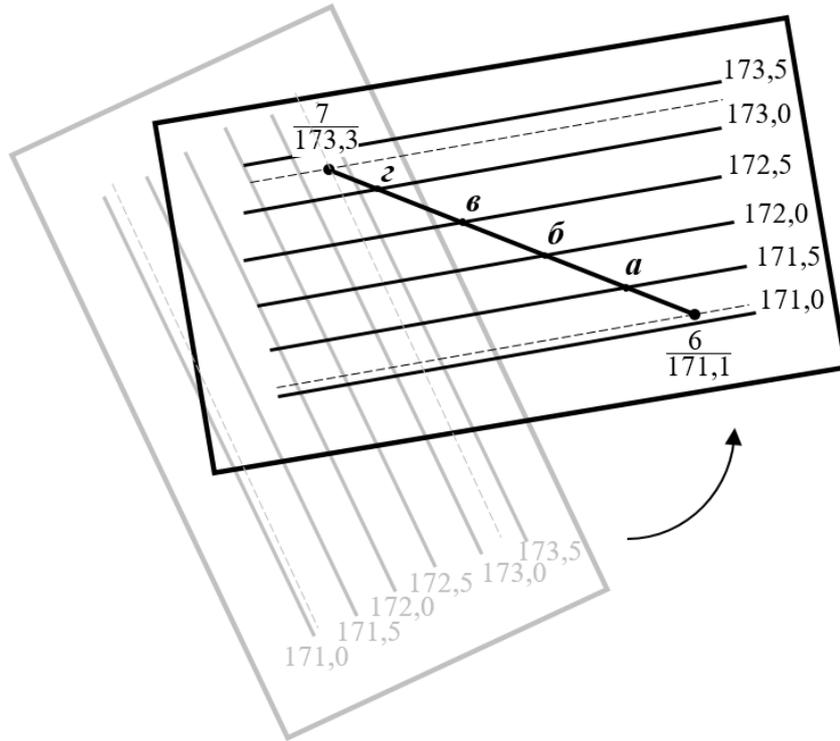


Рис. 4.30. Пример интерполяции высот с помощью палетки

Для лучшего интерполирования карандашом проводят условные структурные линии – стрелки (рис. 4.31, *а*) по скатам холмов и на данных стрелках между речными точками повторяют интерполяцию высот. После интерполяции по нескольким линиям следы горизонталей точки с одноименными высотами соединяют гладкой линией (рис. 4.31, *б*).

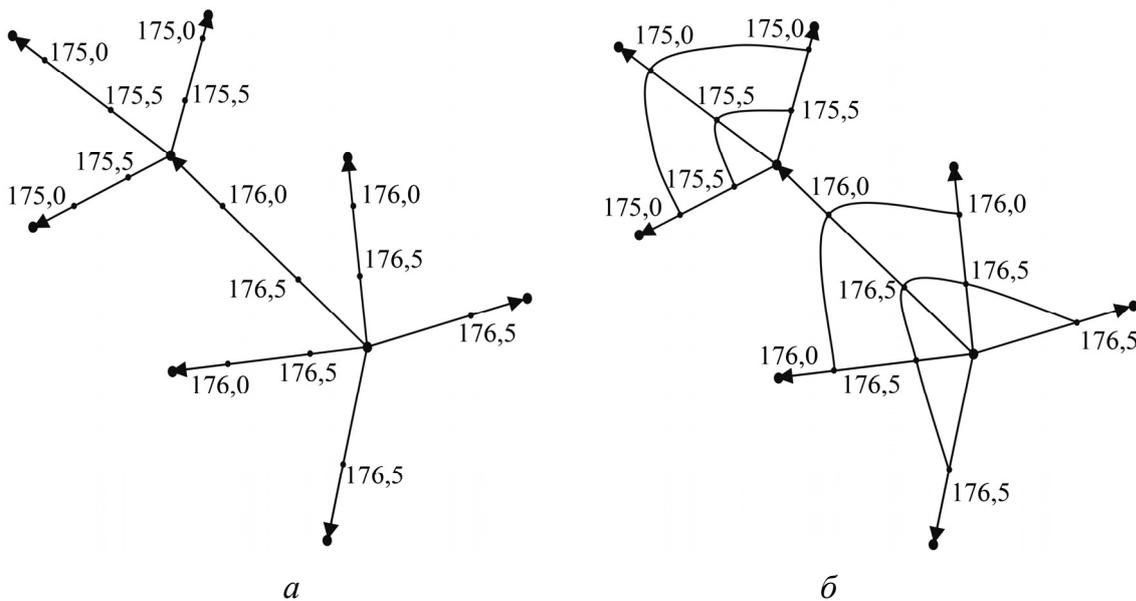


Рис. 4.31. Последовательность интерполяции на основе структурных линий

Аналитический способ заключается в том, что положение горизонталей на линиях, соединяющих точки с известными отметками, находятся путем математических расчетов. Например, имеется линия 6–7 с известными абсолютными отметками (рис. 4.30). Между точками 6 и 7 с отметками 171,1 и 173,3 через 0,5 м, можно провести 4 горизонтали (171,5; 172,0; 172,5; 173,0). Расстояние между этими точками в масштабе 1:500 равно 8 см, или 80 мм (при его отсутствии можно длину измерить на плане). Определим превышение между точками 6 и 7 от меньшей по высоте к большей: $h = H_7 - H_6 = 173,3 - 171,1 = 2,2$ м. Разделив полученное превышение на расстояние в миллиметрах, получаем величину уклона $i = 2,2 / 80 = 0,0275$, равную изменению превышения на 1 мм расстояния на плане.

Ближайшей горизонталью к точке 6 является горизонталь 171,5. Определяем превышение между ней и отметкой точки 6: $h_{171,5} = 171,5 - H_6 = 171,5 - 171,1 = 0,4$ м. Разделив $h_{171,5}$ на i , получаем расстояние от точки 6 до горизонтали 171,5 в миллиметрах: $d_{171,5} = h_{171,5} / i = 0,4 / 0,0275 = 14,5$ мм. Откладываем полученное расстояние от точки 6 и получаем расположение горизонтали 171,5 на линии 6–7.

Аналогичным образом определяем положение горизонтали 172,0: $h_{172,0} = 172,0 - H_6 = 172,0 - 171,1 = 0,9$ м; $d_{172,0} = h_{172,0} / i = 0,9 / 0,0275 = 32,7$ мм. Откладываем полученное расстояние от точки 6 и получаем положение горизонтали 172,0 на линии 6–7. С горизонталями 172,5 и 173,0 поступаем аналогичным образом. В результате линия 6–7 будет интерполирована отметками высот горизонталей аналитическим методом.

В общем случае, расстояние l_i до любой горизонтали от точки с минимальной высотой может быть определено из зависимости

$$l_i = \frac{H_i - H_{\min}}{H_{\max} - H_{\min}} \cdot l, \quad (4.53)$$

где H_i – высота определяемой горизонтали, м; H_{\min} – высота точки с минимальной высотой, от которой необходимо отложить определяемое расстояние, м; H_{\max} – высота точки с максимальной высотой, в направлении которой откладывается определяемое расстояние, м; l – длина стороны, см.

Полученное расстояние l_1 , а затем l_2 , l_3 , l_4 в сантиметрах откладывается от точки 6 в направлении точки 7. Таким образом, поочередно определяется положение горизонталей 1–4.

Примечание. Чтобы не путаться, лучше начинать вычисления от точки с меньшей высотной отметкой и откладывать расстояния соответственно от этой точки. Предпочтительно на начальном этапе обучения и в особенности при значительном количестве горизонталей интерполирование проводить при помощи параллельной палетки.

4.5.5. Оформление топографического плана

Преподаватель проверяет составленный карандашом план, который после исправлений вычерчивается в соответствии с условными топографическими знаками. Вокруг линии координатной

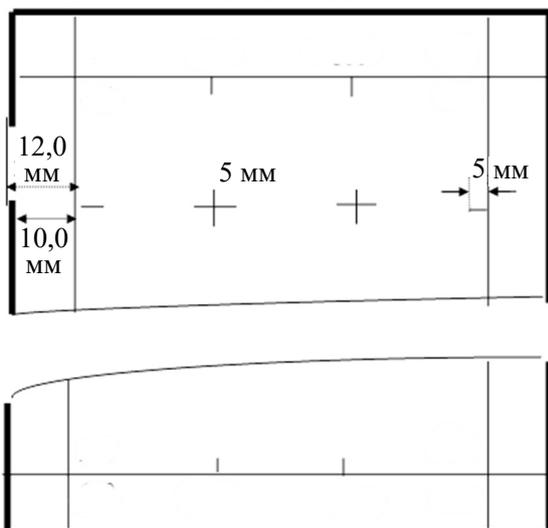


Рис. 4.32. Оформление рамок плана

сетки на расстоянии 14 мм проводят вторую линию толщиной 2 мм. Убирают все вспомогательные линии (рис. 4.32).

Линии координатной сетки заменяем на перекрестия с размерами 1×1 см, выполненные зеленым цветом.

Убирают линии теодолитного хода, оставляя лишь его вершины. Пикеты с высотными отметками почти все удаляют за исключением некоторых, расположенных по периметру. Отметки подписывают черным

цветом только для пунктов съемочного обоснования и характерных точек местности (вершин холмов, низких точек лощин, седловин).

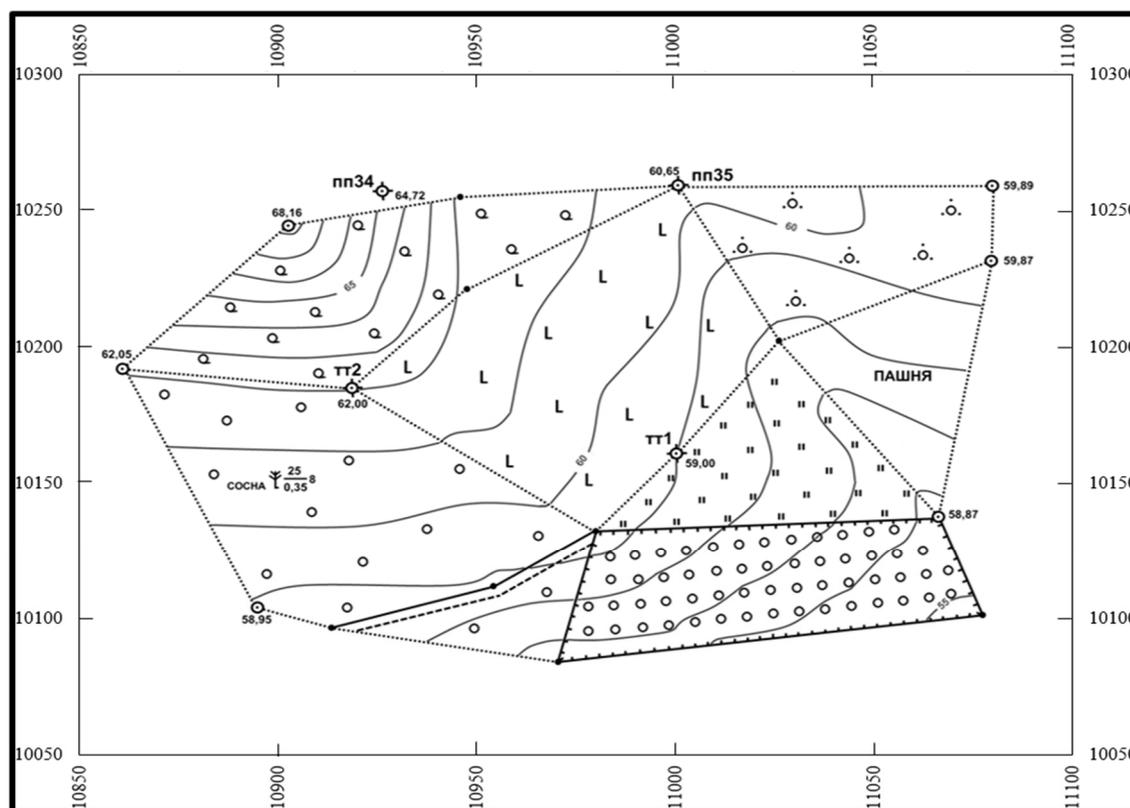
Коричневым цветом вычерчивают горизонтали и цифровые значения их высоты (рис. 4.33). Каждую пятую горизонталь утолщают до 0,3 мм при толщине остальных горизонталей 0,1–0,15 мм. Все контуры и рельеф, изображаемые на плане, вычерчивают тушью или рапидографом. При этом необходимо выдерживать очертания и размеры согласно условным знакам, приведенным для масштаба 1:500.

В разрыве некоторых горизонталей в 4–5 местах плана, удобных для чтения, подписывают их отметки кратные 5 м, а основание цифр располагают в сторону понижения рельефа. Горизонтали обрывают при пересечении с искусственными сооружениями (спланированные площадки, строения, улицы, площади, дороги и т. д.). 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.

Окончательно оформляют топографический план нанесением на него зарамочного оформления (рис. 4.33, прил. Г).

ПЛАН УЧАСТКА (тахеометрическая съёмка 20__ г.)



ЛХФ БГТУ

1:М=1:500

Выполнила бригада _____

В 1 см 5 м

Высота сечения рельефа (h_c) 0,5 м

Рис. 4.33. Пример оформления топографического плана

Если требуется определить площадь замкнутого участка плана, то можно использовать следующие способы определения площадей: *аналитический* (по координатам вершин хода), *графический* (разбивают участок на плане на простые геометрические фигуры и их площади определяют по формулам или измеряют палеткой) и *механический* (при помощи специальных приборов, например планиметров). Нередко применяют сочетание этих способов, т. е. их используют комбинированно. Наиболее точным считается аналитический метод, так как его точность зависит только от качества полевых измерений и камеральной обработки.

5 ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ НА АЛЛЕЕ САДОВО-ПАРКОВОЙ ТЕРРИТОРИИ

Дороги и аллеи садово-парковых территорий относятся к инженерным сооружениям линейного вида. *Трассой* называется ось проектируемого линейного сооружения, обозначенного на местности, карте, фотоплане или математической модели местности.

План трассы – проекция трассы на горизонтальную плоскость. В *плане* трасса состоит из прямолинейных участков разного направления, сопрягающихся между собой кривыми постоянного и переменного радиуса кривизны.

Профиль трассы – сечение поверхности Земли отвесной плоскостью, проходящей через концы отрезков трассы, т. е. это проекция трассы на отвесную плоскость. В *продольном профиле* трасса состоит из прямолинейных участков различного уклона, сопрягающихся вертикальными круговыми кривыми.

5.1. Подготовительные и полевые работы при нивелировании трассы

Подготовительные работы. Перед началом работ необходимо произвести поверку и юстировку нивелира и нивелирных реек, приготовить деревянные колышки и сторожки (по 30 шт.) для разбивки трассы в натуре, подготовить и научиться заполнять журнал технического нивелирования, получить задание от руководителя практики (на местности проложить трассу лесопарковой аллеи).

Каждой бригаде задают участок трассы для проектирования садово-парковой аллеи протяженностью 200–400 м на каждого члена бригады с 1–3 углами поворота, указывают реперы для высотной и плановой привязки трассы на плане и задают радиусы кривых. Необходимо выполнить следующие работы: осуществить рекогносцировку, сделать разбивку пикетажа и закруглений на углах поворота трассы, заполнить пикетажный журнал, указав ситуацию вдоль аллеи, сделать плановую и высотную привязку трассы, заложить 1–2 поперечника, осуществить ее нивелирование, составить

продольный и поперечный профили трассы, рассчитать основные элементы проектной линии, составить ведомость вычисления начала, конца трассы, вершин углов поворота.

Отправляясь на рекогносцировку и закрепление оси трассы, бригада берет с собой теодолит и нивелир со штативом, рейки нивелирные – 2 шт., мерную ленту с комплектом шпилек (рулетку), колышки – 30 шт., топор, журнал технического нивелирования, журнал измерения горизонтальных углов и расстояний, маркер, тетрадь-дневник практики с ручкой и калькулятор.

Рекогносцировка. Заключается в ознакомлении с участком работ, технологией их производства, направлением трассы и опорными реперами для привязки. В процессе рекогносцировки выбирают положение прямых (иногда условно прямых) участков трассы, закрепляют колышками вершины углов поворота и составляют схематический чертеж, на котором отображают трассу, углы поворота, реперы и ситуацию на местности.

5.1.1. Разбивка и закрепление оси трассы на местности

В результате на местности закрепляются характерные точки трассы: пикет (фр. *piquet* – колышек) – точка на оси трассы, предназначенная для закрепления заданного интервала (чаще всего 100 м), и плюсовая точка – характерная точка местности на оси трассы, на которой указано расстояние до ближайшего предшествующего пикета (например, ПК 0 + 67,8), которая показывает характерные перегибы рельефа или контурные точки, пересекаемые трассой дороги, тропинки, границы угодий и т. д. (рис. 5.1).

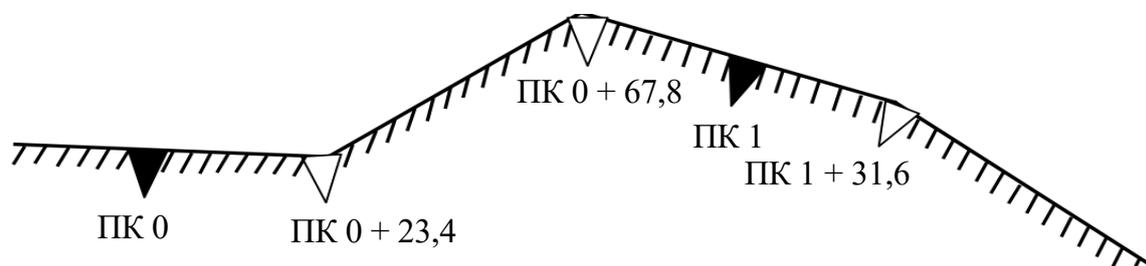


Рис. 5.1. Пример размещения пикетных и плюсовых точек

Пикетаж – это система обозначения и закрепления точек трассы, а также отсчета расстояний вдоль оси трассы линейного сооружения. Точки, разбитые через 100 м называются *пикетами*.

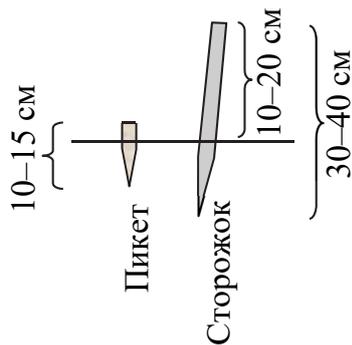


Рис. 5.2. Закрепление точек трассы

Закрепляются они в уровень с землей деревянными колышками длиной около 10 см. Рядом с пикетом ставится второй колышек *сторожок*, выступающий над поверхностью земли на 10–20 см (рис. 5.2). На лицевой стороне сторожка, обращенной к пикетной точке, *маркером* пишется ее номер, через дробь показывают номер бригады, например, ПК 0/51.

Начало трассы обозначают пикетом ПК 0 (нулевой пикет) и продолжают далее по ходу трассы (ПК 1, ПК 2 и т. д.), в результате номер каждого пикета обозначает число сотен метров трассы от ее начала. Разбивку пикетажа ведут стальной рулеткой по тем же правилам, что и при измерении сторон теодолитного хода (см. пункт 3.3.2, с. 41).

На геодезической практике трасса *привязывается* к пунктам с известной абсолютной отметкой (реперам) – для этого снимают отсчеты по рейке, установленной на реперную точку. Направление трассы выбирается таким образом, чтобы при ее прокладке не мешали естественные препятствия (заросли кустарников, глубокие овраги, строения). Для минимизации воздействия на растительность трассу прокладывают вдоль существующих полевых или лесных дорог, вне территории дендросада. Пикетные колышки забивают за пределами проезжей части.

Примечание. По правилам безопасности труда запрещено назначать учебную трассу вдоль шоссе/дороги Энергетик – Узда в пределах полосы отчуждения.

В местах трассы, где поперечный уклон местности более 0,2 (т. е. на 5-метровом отрезке превышение его концов более 1 м), разбивают поперечники (линии, перпендикулярные оси трассы). Как правило, длина поперечника (рис. 5.3) должна быть не менее 20 м в обе стороны от оси трассы. При разбивке поперечника закрепляют его концы сторожками, фиксируют точку пересечения с осью трассы (как правило, это плюсовая точка или пикет). Обозначают точки поперечника, указывая расстояния от его середины

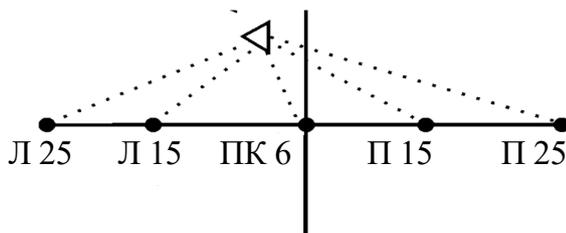


Рис. 5.3. Разбивка и нивелирование поперечника

с присоединением букв «Л» и «П» по их расположению влево и вправо от трассы соответственно, например: Л 15, Л 25, П 15, П 25 и т. д.

Для плавного закругления трассы при ее поворотах в углы вписывают *кривые* – дуги окружностей. Точки касания ломаных с кривыми обозначают так: *начало кривой* (НК) и *конец кривой* (КК). Точку пересечения биссектрисы угла с кривой – *серединой кривой* обозначают (СК). Указанные три точки называют главными точками кривой (рис. 5.4).

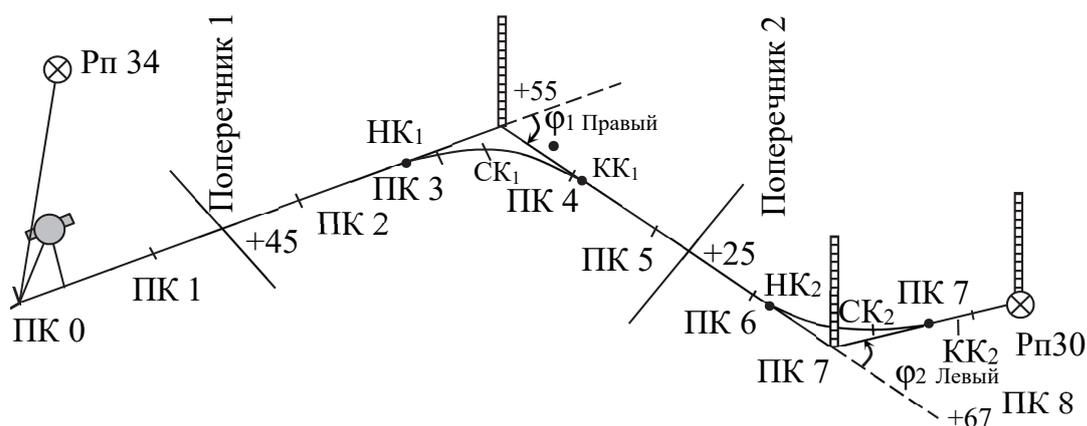


Рис. 5.4. Разбивка трассы, пикетажа, углов поворота, поперечников

Для определения пикетажных наименований главных точек кривой сначала вычисляют *углы поворота трассы* (правые, левые), измерив правые по ходу горизонтальные углы теодолитом или буссолью (при ее наличии измеряется магнитный азимут первого прямого участка трассы). *Углами поворота трассы* (θ) называют горизонтальные углы, которые образуют новое направление трассы.

Примечание. При данных работах бригада после разбивки 4 пикетов может разделиться на 2 части: первая производит дальнейшую разбивку трассы до следующего угла поворота, поперечников и ведет пикетажный журнал, а вторая часть переходит к измерению горизонтального угла поворота и нивелированию. После окончания разбивки первая часть присоединяется ко второй.

5.1.2. Измерение углов поворота трассы

Осуществляют одним полным приемом, как и при теодолитной съемке. Для этого теодолит устанавливают на вершине угла ВУ₁ (рис. 5.5) поворота трассы и приводят в рабочее положение. На первых пикетах до угла поворота и после устанавливают вешки.

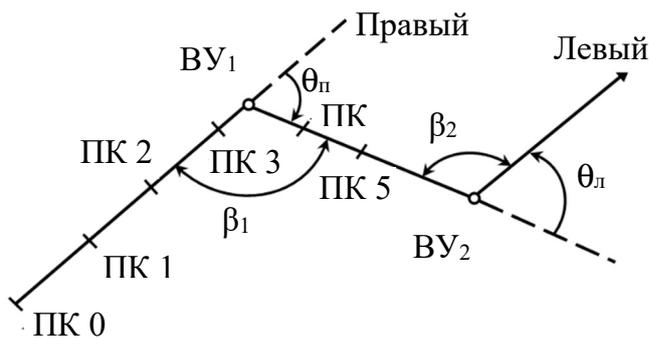


Рис. 5.5. Углы поворота трассы

Снимают отсчеты, записывают результаты измерений в журнал измерения горизонтальных углов и расстояний (см. рис. 4.5), вычисляют угол β . Угол поворота θ трассы (правый или левый) вычисляют по формулам:

$$\theta_{\text{п}} = 180^\circ - \beta_i, \text{ если } \beta_i < 180^\circ; \quad (5.1)$$

$$\theta_{\text{л}} = \beta_i - 180^\circ, \text{ если } \beta_i > 180^\circ. \quad (5.2)$$

Определив угол поворота трассы θ и зная радиус кривой $R = 100\text{--}200$ м (выдается преподавателем), по формулам рассчитывают остальные элементы круговой кривой: тангенс Т, кривую К, домер Д, биссектрису Б (рис. 5.6).

$$T = R \cdot \operatorname{tg} \frac{\theta}{2}; \quad (5.3)$$

$$K = \frac{\pi \cdot \theta \cdot R}{180^\circ}; \quad (5.4)$$

$$D = 2T - K; \quad (5.5)$$

$$B = R \cdot \left(\frac{1}{\cos \frac{\theta}{2}} - 1 \right). \quad (5.6)$$

Важно! Необходимость учета величины домера определяется тем, что на участке закругления трасса проходит по кривой, счет пикетажа тоже по кривой, а измерения при разбивке трассы производятся по тангенсам.

Учет домера состоит в том, что после измерения угла поворота и определения элементов кривой мерную ленту перемещают вперед на величину домера (рис. 5.6). И тем самым счет пути приводят в соответствие с укоротившейся длиной трассы (рис. 5.7) вследствие вставки кривой.

Рассчитав основные элементы круговой кривой (например, на рис. 5.8 ВУ находится на ПК 4 + 22,10 ($\theta_{\text{п}} = 62^\circ 8'$, $R = 100$ м)), определяют пикетажное положение главных точек кривой НК и КК с контролем:

- начало кривой: НК = ВУ – Т;
- середина кривой: СК = НК + К / 2;

- конец кривой: $КК = НК + К$;
- контроль правильности вычислений: $КК = ВУ + Т - Д$.

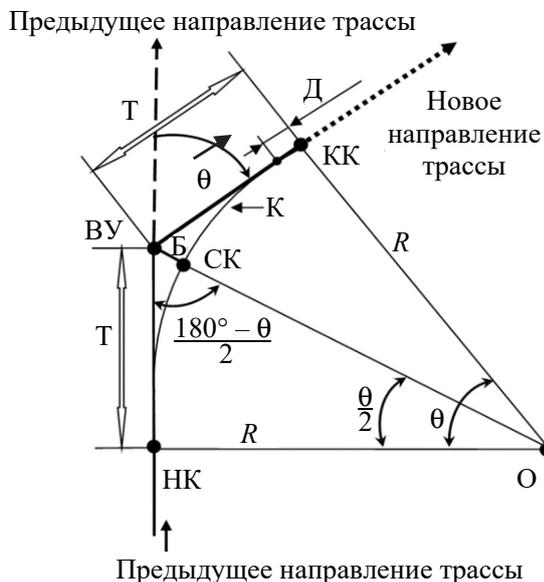


Рис. 5.6. Разбивка главных точек круговой кривой

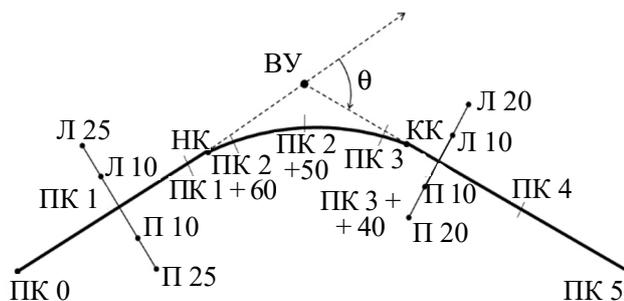


Рис. 5.7. Разбивка пикетов на круговой кривой

Например:

	Расчет
ВУ	ПК 4 + 22,10
- Т	60,24
НК	ПК 3 + 61,86
+ К	1 08,44
КК	ПК 4 + 70,30

	Контроль
ВУ	ПК 4 + 22,10
+Т	60,24
Σ	ПК 4 + 82,34
- Д	12,04
КК	ПК 4 + 70,30

На трассе эти точки закрепляют и окапывают.

5.1.3. Пикетажный журнал

Все результаты расчетов заносятся в *пикетажный журнал* (рис. 5.8), который ведут одновременно с разбивкой пикетажа и поперечников. Журнал представляет собой лист бумаги в клеточку (располагается в конце журнала технического нивелирования) или миллиметровки.

Посередине каждой страницы журнала проводят прямую, изображающую ось трассы. По оси снизу вверх в условном масштабе (например, 1 клетка – 20 или 25 м) наносят пикеты. Если лист заканчивается вверху, то параллельно нарисованной оси

рисуют вторую ось трассы и снизу вверх продолжают нумерацию пикетов. На линию трассы наносят пикетные и плюсовые точки, справа подписывают их цифровые обозначения.

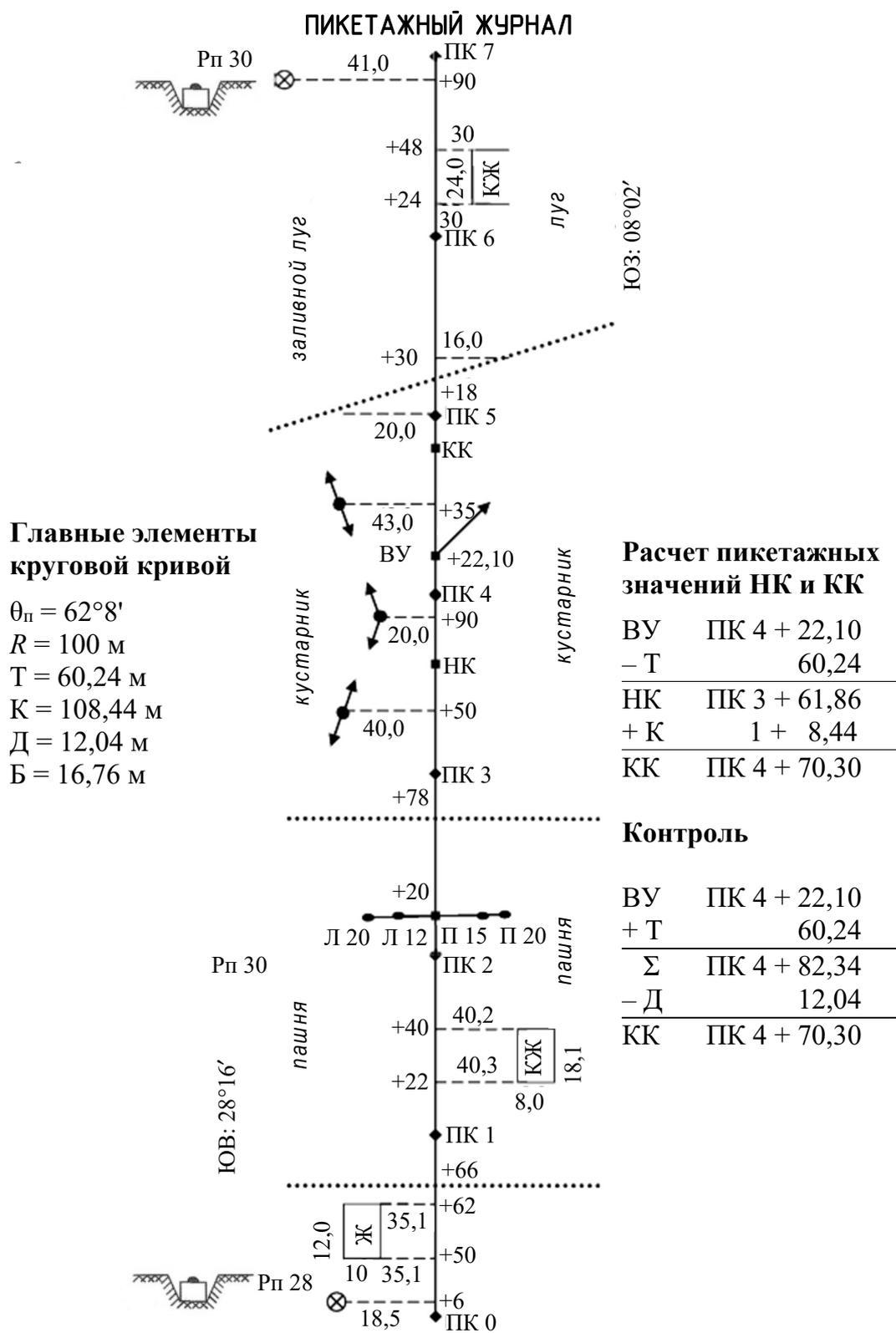


Рис. 5.8. Пример оформления пикетажного журнала

Углы поворота показывают стрелкой, направленной вправо или влево в соответствии с изменением направления трассы без изменения направления оси из пикетов. Рядом с углами поворота показывают элементы кривой и расчет пикетажных значений главных точек НК и КК. Одновременно с разбивкой пикетажа выполняют съемку ситуации методом перпендикуляров до 50 м вправо и влево от оси трассы.

5.1.4. Нивелирование трассы

После выноса трассы в натуру (т. е. закрепления на местности углов поворота трассы), разбивки пикетов, плюсовых точек, поперечных профилей, главных точек кривой и выноса пикетов на кривые (см. рис. 5.7) производят *техническое нивелирование трассы*, в процессе которого определяют высоты перечисленных точек (рис. 5.9).

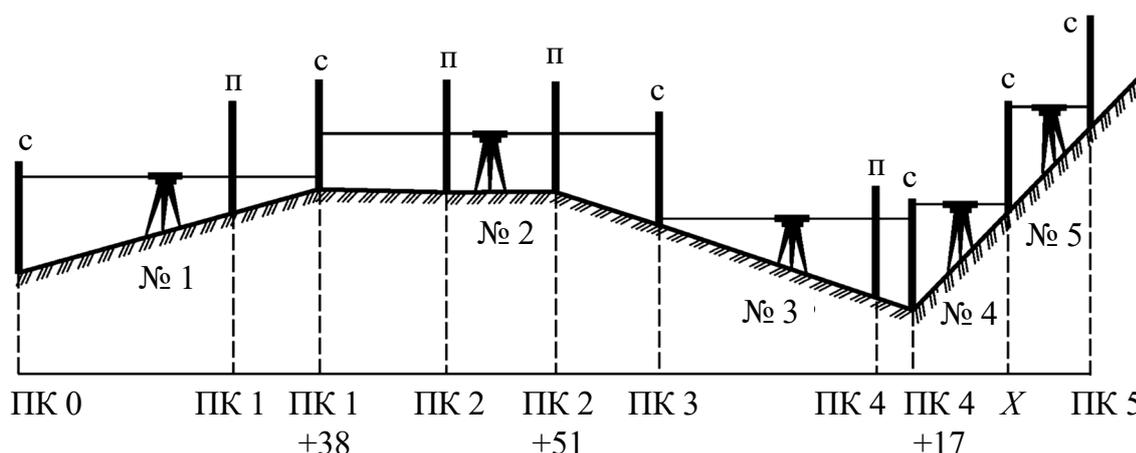


Рис. 5.9. Нивелирование трассы:
с – связующие точки; п – промежуточные точки

Нивелирование производят методом «из середины» с контролем на станции (определяя превышения по черным и красным сторонам реек). При нивелировании трассы пикеты обычно являются связующими точками, а плюсовые точки, поперечники – промежуточными.

Работы начинают с привязки ПК 0 к начальному реперу и заканчивают привязкой последнего пикета к конечному реперу. Месторасположение и отметки начального и конечного реперов указывает руководитель практики.

Примечание. При привязке к реперам рейку устанавливают строго над центрами реперов, а при нивелировании пикетов, поперечников, плюсовых точек – на *колышки*, закрепляющие эти точки.

Методика технического нивелирования трассы аналогична методике, изложенной в пункте 3.2.2. При нивелировании на станции только пикетов используют ту же последовательность работ, что и при нивелировании пунктов съемочного обоснования. На связующие точки берут отсчеты с двух смежных станций по черным и красным сторонам реек.

При этом составляется схема технического нивелирования пикетов трассы (рис. 5.10) с указанием расположения станций и стрелками показывается направление осей визирования от нее связующих и промежуточных точек (при их наличии).

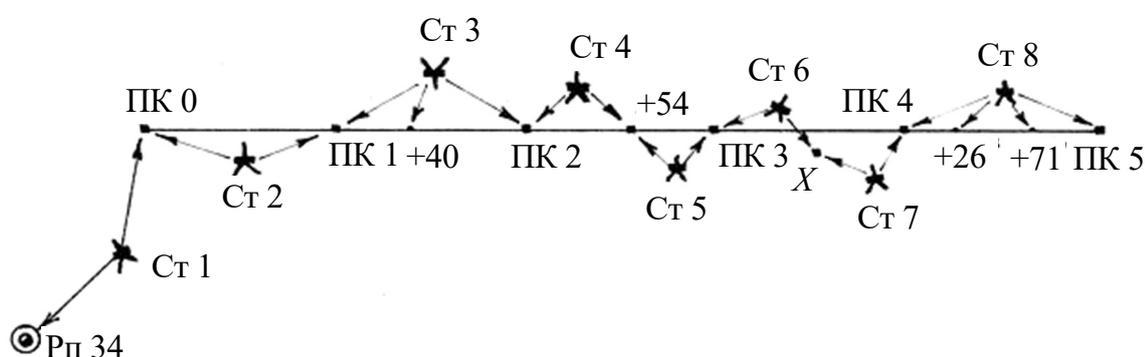


Рис. 5.10. Пример схемы технического нивелирования пикетов трассы

Все результаты нивелирования заносят в журнал технического нивелирования (рис. 4.14). В нем в полевых условиях подсчитывают значение «пяток» красных сторон реек и превышений между связующими точками. Напоминание – расхождение в превышениях, измеренных на станции по черной и красной сторонам реек, не должно быть больше 5 мм.

Примечание. В целях удобства для ведения постраничного контроля все отсчеты по рейкам на связующих точках с одной станции должны размещаться на одной странице, т. е. нельзя разрывать и переносить отсчеты одной станции на другую страницу журнала.

При нивелировании на крутом и однородном скате может случиться так, что визирный луч «бьет» в землю (рис. 5.11, а) или идет выше реек. В таких случаях делается одна или несколько станций (рис. 5.11, б) с дополнительными связующими точками (*иксовыми X*) и расстояния до них не измеряются.

Особенностью нивелирования трассы является нивелирование поперечников и плюсовых (промежуточных) точек (рис. 5.3, 5.4).

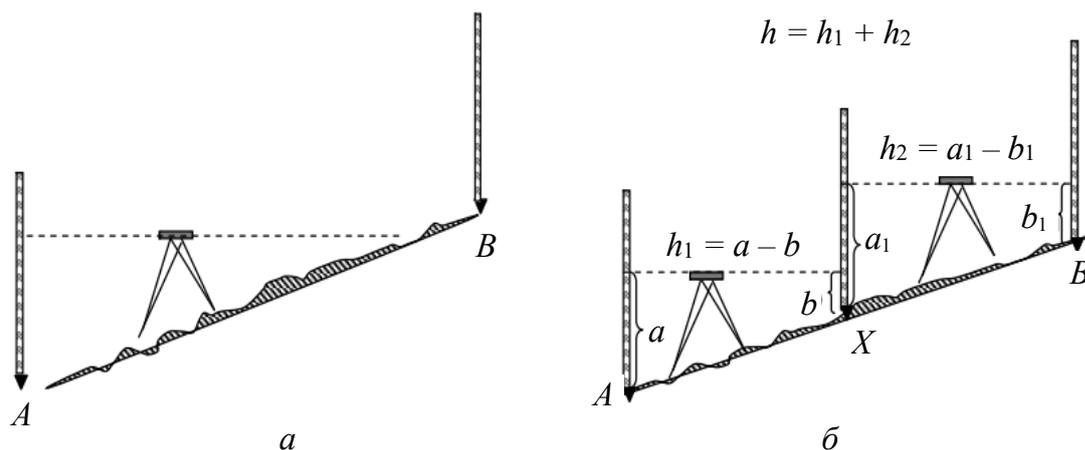


Рис. 5.11. Дополнительные связующие (иксовые) точки

На данных точках (после снятия отсчетов со связующих пикетов) на той же станции берут отсчеты только по черной стороне реек, последовательно установленных на плюсовых точках.

5.1.5. Нивелирование поперечников

При съемке поперечника нивелир устанавливается вблизи связующего пикета (см. рис. 5.3) так, чтобы с него были видны все точки поперечника, расположенные перпендикулярно к основной оси трассы. Для определения горизонта прибора берется отсчет по черной стороне рейки, установленной в пикете основного хода (высота этой точки будет определена в процессе продольного нивелирования трассы). В остальных точках поперечника отсчеты берутся также по черной стороне рейки и заносятся в журнал нивелирования. Обработку полученных данных в полевых условиях не проводят.

Примечание. Нельзя убирать нивелир со станции, пока не сняты привязочные отсчеты на связующие точки (пикеты).

5.2. Вычислительная обработка результатов нивелирования трассы

Журнал технического нивелирования является документом строгого учета. Страницы в журнале должны быть пронумерованы. Результаты измерений записывают в журнал простым карандашом или шариковой ручкой. Ошибочные записи аккуратно зачеркивают, а все измерения повторяют вновь. На первой и последней страницах записи нивелирного хода указывают номера или названия начального и конечного реперов.

После проведения всех измерений и выполнения постраничного контроля, суммируют все средние превышения. Контроль правильности нивелирования трассы выполняют по невязке (разности между суммой средних измеренных превышений и их теоретическим значением), которая не должна превышать $\pm 50 \text{ мм} \cdot \sqrt{L}$, где L – длина хода, км.

Вычислительную обработку результатов технического нивелирования выполняют в последовательности, указанной в подразделе 4.3.

Промежуточные точки и точки поперечника вычисляют с использованием горизонта прибора (см. с. 37).

5.3. Построение профиля трассы

Нивелирование трассы завершают графическим оформлением наблюдений, составлением профиля трассы по данным журнала нивелирования и пикетажного журнала.

Профиль строят на миллиметровой бумаге формата А3–А2, на которой все размеры откладывают без измерителя. Для придания продольному профилю лучшей наглядности линию профиля утрируют, т. е. наносят высоты в более крупном масштабе (обычно в 10 раз больше), чем горизонтальные проложения (например, 1:5000 и 1:500, 1:2000 и 1:200 и т. д.). *Профили поперечников* составляют в крупном масштабе (одинаковом горизонтальном и вертикальном), например 1:100, над теми пикетами, от которых они построены на местности.

Профиль начинают строить, отступив 3 см от нижнего края листа миллиметровой бумаги в вертикальном и горизонтальном направлении. От данной точки начинается построение профильной сетки (размером 110×45 мм), т. е. горизонтальных линий, образующих графы с заголовками, со строгим соблюдением указанных на образце расстояний между линиями (рис. 5.12).

Верхняя линия сетки профиля совпадает с линией условного горизонта, от которого *на расстоянии 5 мм влево* от нулевого пикета поднимают вверх перпендикуляр, на котором через 1 см строят шкалу высот в принятом вертикальном масштабе. Условный горизонт выбирают кратным 5 или 10 м с таким расчетом, чтобы самая низкая точка профиля (см. в журнале технического нивелирования) отстояла от него на 4–6 см в переводе по вертикальному масштабу на профиль.

При этом желательно, чтобы линия условного горизонта совпадала с утолщенной линией миллиметровой бумаги и начиналась от одной из утолщенных вертикальных линий. При масштабе 1:500 (в 1 см 5 м) градация высот идет через 5 м, например 175, 180, 185 м и т. д.

Далее надо определить общую длину профиля трассы в принятом горизонтальном масштабе (например, для профиля трассы длиной 1 км в масштабе 1:5000 (в 1 см 50 м) длина линии трассы составит 200 мм, к ним добавляется 45 мм для надписей названий граф сетки и 5 мм на разрыв с сеткой профиля – всего 250 мм). Проводят горизонтальные линии соответствующей длины и местоположения (рис. 5.12 и прил. Д).

Заполнение граф сетки выполняется в следующей последовательности.

1. Пользуясь пикетажным журналом или журналом нивелирования, заполняют графу «Расстояния», отмечая на ней вертикальными отрезками (перегородками) положение пикетов (2 см – 100 м при масштабе 1:5000) и плюсовых точек. Под шкалой расстояний подписывают номера пикетов (графа «Пикеты»). На шкале около плюсовых точек подписывают расстояния в метрах до ближайших пикетов или плюсовых точек. Сумма расстояний, вписанных в шкалу в пределах одного пикета, должна равняться 100 м (например, для плюсовой точки ПК 0 + 66 соответственно расстояния 66 и 34 м).

2. В графу «Отметки земли» из журнала нивелирования выписывают уравненные отметки для соответствующих пикетов и плюсовых точек с точностью до 0,01 м.

3. По отметкам земли строят черную (фактическую) профильную линию, откладывая высоты точек в масштабе 1:500 вверх от линии условного горизонта, при этом пользуясь вертикальной шкалой высот (2 мм – 1 м), по которой согласно отметкам земли

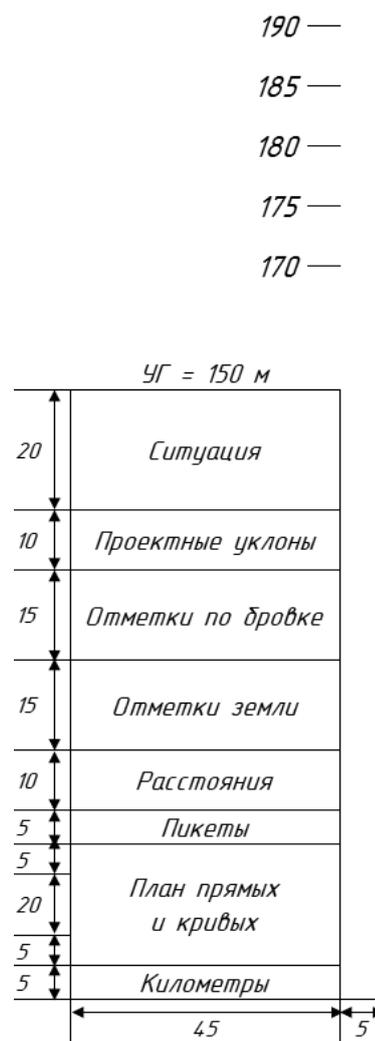


Рис. 5.12. Разграфка сетки профиля

наносят на миллиметровку высоты всех пикетов и плюсовых точек. После соединения полученных смежных точек прямыми получается продольный профиль поверхности земли по оси трассы.

4. В графе «Ситуация» по центру проводят ось трассы и по данным пикетажного журнала наносят элементы ситуации, углы поворота трассы, отмечают контуры в условных знаках (иногда вместо изображения условных знаков пишут соответствующие названия: «Луг», «Выгон», «Пашня» и т. д.).

5. По середине графы «План прямых и кривых», обозначающей ось проектируемой дороги, согласно данным, приведенным в пикетажном журнале, вычерчиваются прямолинейные участки трассы и круговые кривые в горизонтальном масштабе 1:5000. Круговые кривые изображают дугами 5 мм (если трасса поворачивает вправо, то дуга изображается выпуклостью вверх, если влево – то вниз). От начала кривой (НК) и конца кривой (КК) поднимаются перпендикуляры (до нижнего основания графы «Пикеты»). По обеим сторонам перпендикуляров подписываются расстояния от НК и КК до ближайших предыдущих пикетов. Например, если начало кривой – ПК 3 + 56,54, то вдоль перпендикуляра, проведенного от этой точки, пишут расстояния до ПК 3, равное 56,54. Разность пикетажных значений начала и конца кривой должна соответствовать длине кривой на профиле с учетом его масштаба. Внутри дуги выписываются главные элементы круговой кривой – θ , R , T , K , B , D . Румб участка трассы от ее начала до ВУ₁ получают по значению измененного магнитного азимута.

6. Длины прямолинейных участков трассы определяют как разность пикетажных обозначений начала следующей кривой и конца предыдущей кривой и подписывают их *над прямыми линиями* соответствующих отрезков. Длина первой прямой l_1 равна расстоянию от начала трассы (НТ) до начала первой круговой кривой (НК₁):

$$l_1 = \text{НК}_1 - \text{ПК } 0 = \text{НК}_1.$$

Длина каждого последующего прямого участка трассы определяется как разность между началом последующей кривой и концом предыдущей: $l_n = \text{НК}_{n+1} - \text{КК}_n$.

Длина последнего участка l_n будет равна разнице конца трассы (КТ) за вычетом конца последней кривой (КК_n): $l_n = \text{КТ} - \text{КК}_n$.

7. По измеренному азимуту (или заданному преподавателем дирекционному углу α) первой линии трассы и углу поворота

трассы (левому $\theta_{\text{л}}$ или правому $\theta_{\text{п}}$) вычисляют дирекционный угол (азимут) следующего прямого участка трассы α_{i+1} и румбы этих двух участков, которые подписывают *под прямыми отрезками* трассы:

$$\alpha_{i+1} = \alpha_i + \theta_{\text{п}}; \quad (5.7)$$

$$\alpha_{i+1} = \alpha_i - \theta_{\text{л}}, \quad (5.8)$$

где α_{i+1} , α_i – дирекционные углы (азимуты) соответственно последующего и предыдущего прямых отрезков трассы.

Румбы направлений вычисляют по формулам связи дирекционных углов (азимутов) и румбов.

8. В графе «Километры» кружками диаметром 5 мм обозначают целые километры трассы (прил. Д), называемые километровыми указателями. От кружков до линии пикетажа проводят вертикальные отрезки. Под кружками подписывают число, соответствующее расстоянию в километрах от начала трассы.

9. Пользуясь прозрачной линейкой, проводят на профиле *проектную линию отметок бровки дорожного полотна*. Проектная линия проектируется (т. е. на профиле указываются проектные точки перелома трассы) исходя из следующих условий:

а) должен соблюдаться баланс земляных работ (т. е. объем насыпей должен быть равен объему выемок);

б) уклоны на отдельных участках проектной линии не должны превышать допустимых пределов 0,040 (уклон в тысячных долях – это число метров подъема или спуска на 1 км длины), т. е. 40‰;

в) необходимо соблюдать равенство высот точек пересечения проектной линии с существующими дорогами;

г) проектная линия должна как минимум два раза пересекать линию отметок земли (иметь точки нулевых работ);

д) проектная линия должна иметь участки подъема, спуска и горизонтальные площадки (в местах понижений с целью прокладки трубопровода для водотока);

е) участки различного уклона не должны быть менее 200 м;

ж) проектная линия должна проходить над поверхностью воды при переходе через водотоки.

С учетом данных технических условий проектируют ось лесопарковой или садово-парковой аллеи.

10. После построения проектной линии заполняют графу «Проектные уклоны», т. е. на ней вертикальными линиями отмечают места переломов проектного профиля – отделяющие один участок

проектной линии от другого. Проектную отметку начального и конечного пикетов определяют, пользуясь шкалой высот (на профиле слева, прил. Д). На каждом участке внутри графы чертой показывают условно знак уклона: горизонтальная линия означает нулевой уклон, линия идет вверх – положительный уклон, вниз – отрицательный уклон.

Над чертой посередине пишут величину уклона i , а под ней – расстояние d , на котором действует данный уклон (прил. Д). Уклон участка излома i можно вычислить по формуле

$$i = \frac{H_{\text{к}} - H_{\text{н}}}{d}, \quad (5.9)$$

где $H_{\text{к}}$, $H_{\text{н}}$ – проектные отметки конечной и начальной точек соответственно данного участка, м; d – горизонтальное проложение участка между начальной и конечной точками, м.

Например, для первого проектного участка трассы (рис. 5.13)

$$i = (56,42 - 51,42) / 250 = 5 / 250 = 0,0200 = 20\text{‰}.$$

Полученное значение уклона округляют до тысячных долей и заносят в верхнюю часть графы «Проектные уклоны», при этом диагональ по направлению вверх показывает, что уклон положительный, а снизу диагонали указывают длину участка.

Если участок проектной линии представляет собой горизонтальную площадку, то в графе «Проектные уклоны» над прямой линией пишут цифру 0 ($i = 0$), а под ней – протяженность площадки в метрах.

Вычисляют проектные отметки бровки земляного полотна для всех пикетов и плюсовых точек трассы (рис. 5.13). Проектная отметка начального пикета определена ранее по шкале высот. Отметки остальных пикетов и плюсовых точек вычисляют по формуле

$$H_i = H_{i-1} + (i \cdot d_i), \quad (5.10)$$

где H_i – проектная отметка следующей точки трассы; H_{i-1} – проектная отметка предыдущей точки; i – уклон элемента, выраженный десятичной дробью, подставляется в формулу с его знаком; d_i – расстояние от начальной точки до точки, в которой определяется отметка.

Контроль вычислений заключается в совпадении расчетов проектной отметки на конечной точке расчетного уклона. Например (рис. 5.13), $H_{\text{пр ПК } 2+50} = 55,42 + 0,0200 \cdot 50 = 56,42$ м и $H'_{\text{пр ПК } 2+50} = 51,42 + 0,0200 \cdot 250 = 56,42$ м совпадают, что говорит о правильности

расчетов. Таким образом, зная проектную отметку начальной точки, уклон линии и расстояние между точками, можно проверить любую проектную точку на заданном уклоне, например, $H'_{пр ПК 2} = 51,42 + 0,0200 \cdot 200 = 55,42$ м (рис. 5.13).

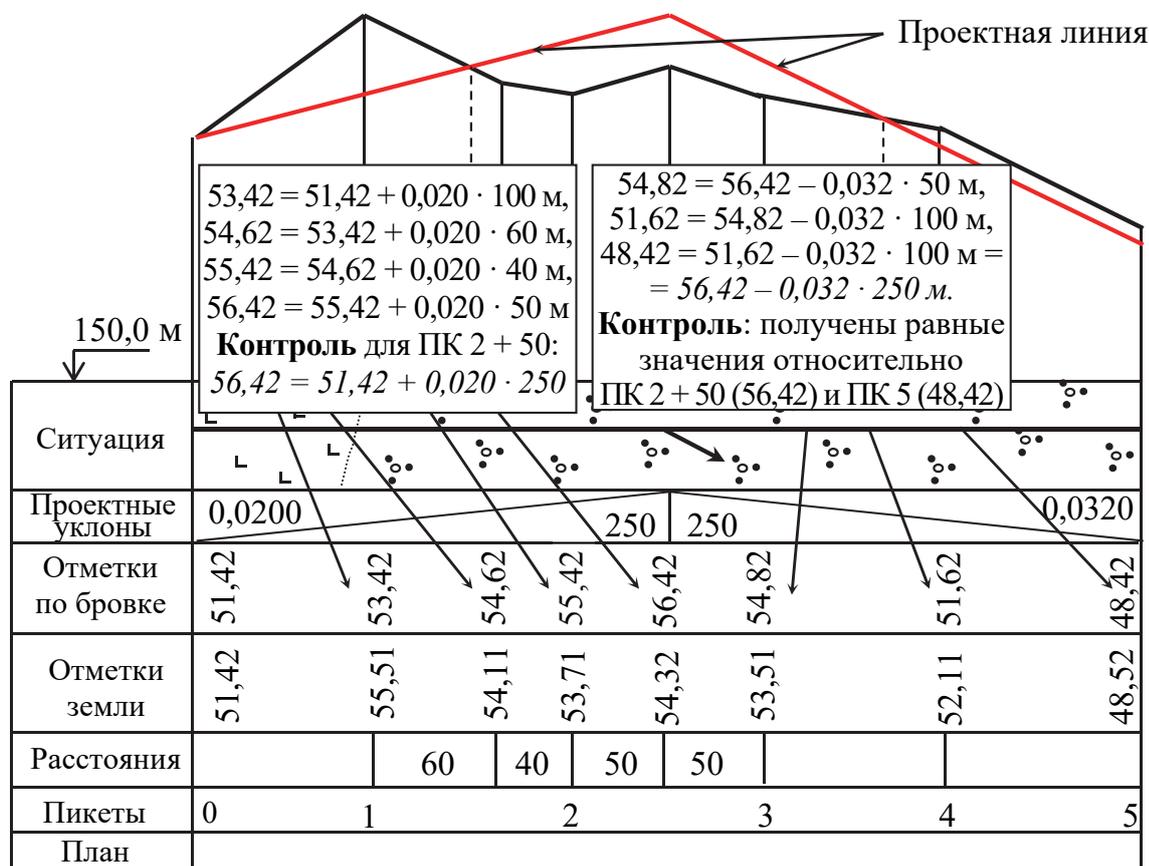


Рис. 5.13. Вычисление проектных отметок по бровке дорожного полотна

11. На каждом пикете и плюсовой точке профиля вычисляют *рабочие отметки* h_p (высота насыпи или глубина выемки в каждой расчетной точке) как разницу между проектной отметкой по бровке дорожного полотна $H_{пр}$ и отметкой земли $H_{зем}$:

$$h_p = H_{пр} - H_{зем}. \quad (5.11)$$

Высоты насыпей ($h_p > 0$) записывают над проектной линией, глубины выемок ($h_p < 0$) – под ней. Над точками пересечений линии профиля поверхности земли с проектной линией ($h_p = 0$), называемыми *точками нулевых работ*, записывают рабочие отметки 0,00.

12. Определяют положение точек нулевых работ. Для этого проводят вертикальные линии от точек пересечения проектной линии с линией профиля (рис. 5.14) местности (*точки нулевых*

работ) до линии условного горизонта и вычисляют горизонтальное расстояние l_1 и l_2 от этих точек до ближайшего пикета или плюсовой точки по формулам:

$$l_1 = \frac{|h_1|}{|h_1| + |h_2|} \cdot l; \quad l_2 = \frac{|h_2|}{|h_1| + |h_2|} \cdot l, \quad (5.12)$$

где h_1 и h_2 – рабочие отметки в точках (по модулю), между которыми находится точка нулевых работ; l – расстояние между этими точками.

Выполняют контроль $l_1 + l_2 = l$ (сходимость значений укажет на отсутствие погрешностей вычислений). Округленные до 0,1 м значения l_1 и l_2 пишут слева и

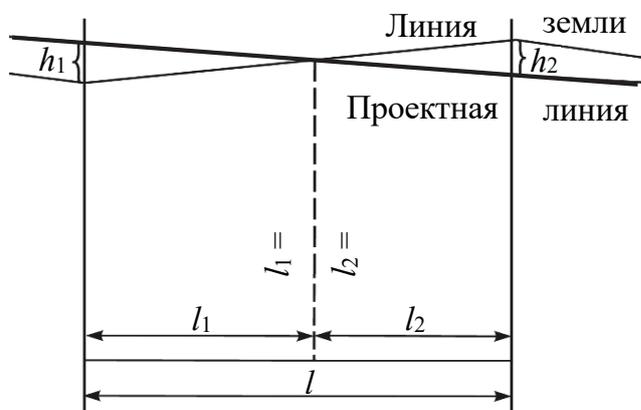


Рис. 5.14. Определение расстояний до точек нулевых работ

справа от штриховой линии (рис. 5.14), представляющей собой перпендикуляр, опущенный из точки нулевых работ на линию условного горизонта.

Переведя, согласно выбранному масштабу 1:5000, расстояние l_1 из метров в сантиметры (в 1 см 50 м), контролируют правильность проведенного штри-

хового перпендикуляра из точки нулевых работ. При несоответствии ищут ошибку.

13. Строят *поперечные профили* трассы. Такие профили составляются в одном масштабе 1:1000 (в 1 см 10 м) как для горизонтальных, так и для вертикальных расстояний (рис. 5.15).

Поперечные профили помещают над продольным профилем трассы вблизи их места по пикетажу (прил. Д) и строят по данным журнала нивелирования и пикетажного журнала (книжки). Выбирают номер пикета, находят его расположение на продольном профиле и поднимают перпендикуляр над уровнем профиля. Указывают точку расположения данного пикета (необходимо учитывать, чтобы поперечник не пересекал продольный профиль). От этой пикетной точки поперечника влево и вправо откладывают расстояния точек поперечного профиля (рис. 5.15) с указанием названия и длин.

Поднимают перпендикуляры и формируют графу с расстояниями. Отметки земли выписывают над соответствующими названиями точек поперечника с точностью до 0,01 м. Откладывают высотные отметки в соответствии с принятой шкалой высот для выбранного масштаба. Соединив дан-

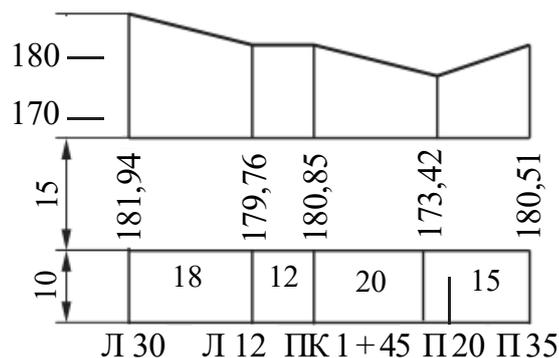


Рис. 5.15. Поперечный профиль на пикете ПК 1 + 45

ные точки отрезками прямых, получают линию земли в поперечном направлении относительно трассы. При выполнении задания необходимо построить только линию земли без проектирования.

14. Оформляют *продольный и поперечный профили*. Профиль, составленный карандашом, после проверки преподавателем обводят тушью или гелевыми ручками следующих цветов: *красным* – графы «План прямых и кривых», «Отметки по бровке дорожного полотна», «Проектные уклоны», ось трассы в графе «Ситуация», проектную линию, *синим* (или красным) – рабочие отметки, точки нулевых работ, отметки этих точек, расстояния от точек нулевых работ до соседних пикетов, перпендикуляры, опущенные из точек нулевых работ на линию «условного горизонта»; *черным* – все остальные линии, надписи и цифры, полностью поперечный профиль.

Все надписи пишут *чертежным* шрифтом. Линию проектного профиля утолщают до 0,4 мм, остальные линии прочерчивают толщиной около 0,2 мм.



НИВЕЛИРОВАНИЕ ПО КВАДРАТАМ И ВЕРТИКАЛЬНАЯ ПЛАНИРОВКА УЧАСТКА

При нивелировании поверхности отметки ее точек определяют геометрическим нивелированием, т. е. горизонтальным визирным лучом. Поэтому этот вид топографической съемки используют на открытой местности со слабо выраженным рельефом. В составе геодезических изысканий может предусматриваться топографическая съемка небольшого открытого от зарослей участка местности для строительства беседки, спортивной площадки и т. д. Такую съемку можно выполнить *нивелированием по квадратам*. Этот способ применяется в тех случаях, когда съемке подлежат небольшие открытые участки местности со спокойным рельефом. Нивелирование производится по сетке квадратов (со сторонами 5×5 ; 10×10 м и т. п.), разбиваемой в пределах снимаемой площади. С этой целью выбирается площадка с пологим рельефом, примыкающая к стороне теодолитного хода, вершины которого считаются привязочными.

Если предполагаемая сетка квадратов будет находиться в стороне от теодолитного хода, то в этом случае от точки с известной абсолютной отметкой прокладывается замкнутый нивелирный ход, одной из вершин которого является вершина квадрата или новая станция для нивелирования.

Если высота рейки больше перепада высот между точками, то нивелирование производится с одной станции. В противном случае площадка делится на несколько частей, и нивелирование промежуточных точек осуществляется с нескольких станций.

Вертикальная планировка – это комплекс работ по преобразованию существующего рельефа на строительной площадке или на благоустраиваемой жилой или рекреационной территории в проектный рельеф для создания благоприятных условий эксплуатации объектов. Преобразованный рельеф должен обеспечивать упорядоченный сток талых и дождевых вод, удобства для пешеходов, плоские поверхности игровых спортивных площадок и удовлетворять специфическим требованиям эксплуатации других сооружений.

6.1. Геодезические полевые работы

Подготовка к работе на местности. Разбивку сетки квадратов производит совместно вся группа на одном участке, но при этом каждая бригада (необходимо для работ как минимум 4 человека) выполняет разбивку своей линии. Для этого бригада берет с собой нивелир со штативом, две нивелирные рейки, теодолит (буссоль), отвес с противовесом, 10–20 сторожков, маркер, топор, рулетку или землемерную ленту, вешки, тетрадь-дневник практики, письменные принадлежности.

Нивелирование по квадратам выполняют в следующей последовательности.

1. *Осмотр участка* вместе с преподавателем, выбор начальной точки – нижнего левого угла площадки (рис. 6.1). Общее количество квадратов должно быть порядка 28–24 (пример приведен для 12 квадратов).

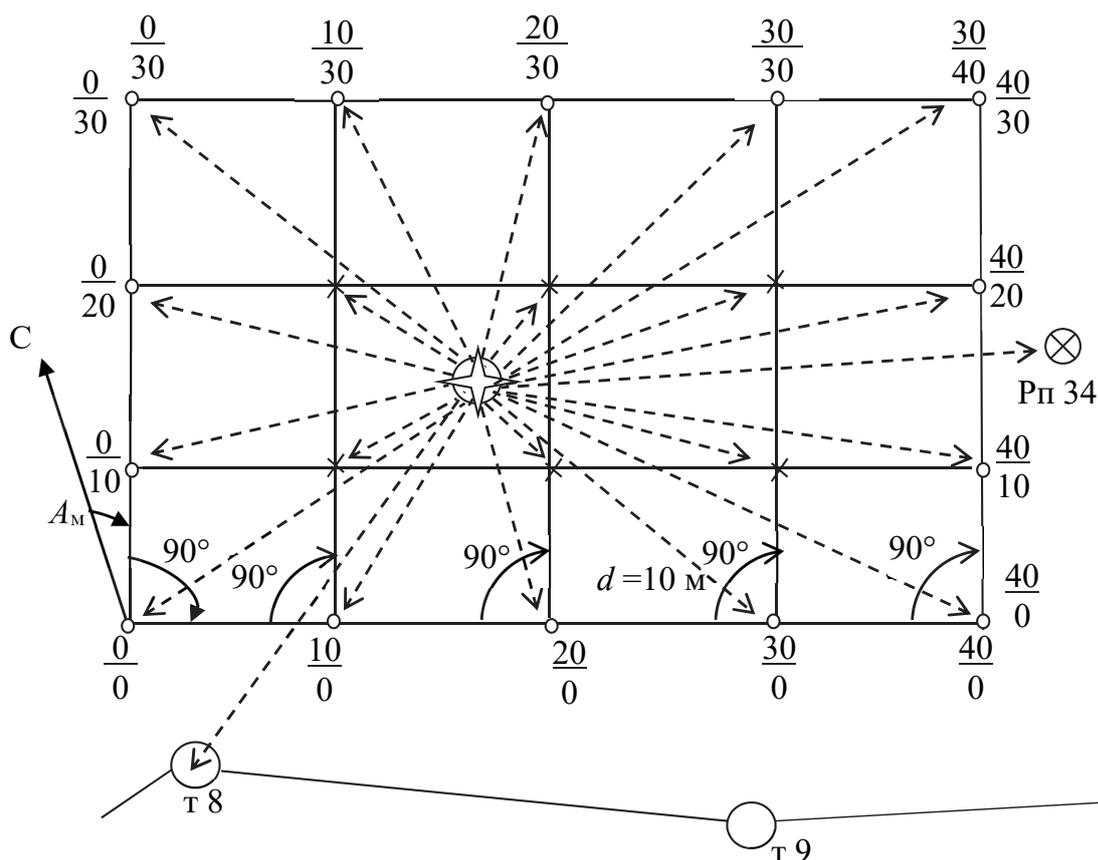


Рис. 6.1. Порядок работ при нивелировании по квадратам

2. *Разбивка сетки квадратов.* На данной точке в землю забивается сторожок, на котором маркером пишется номер точки 0/0, где в числителе это значение в метрах от данной точки по горизонтали,

а в знаменателе – по вертикали. От данной точки в горизонтальном направлении (ось X) растягивают рулетку и в ее створе откладывают отрезки по 10 м, закрепляя сторожками, на которых указываются их номера: 10/0, 20/0, 30/0 и т. д. На последнюю точку за сторожкой устанавливается вешка.

Прямые углы задаются теодолитом (буссолью). Для этого бригада № 1 устанавливает теодолит в точке 0/0 (над сторожкой), приводит его в рабочее положение. На лимбе находят отсчет $0^{\circ}00'$ (как при тахеометрической съемке), отжав кривой закрепительный винт, визируют на вешку (т. е. ориентируют лимб по горизонтальной линии) и затем зажимают этот винт. Открепляют алидаду и ее вращением на лимбе устанавливают отсчет 90° (или 270° в зависимости от круга: КП или КЛ).

Перпендикулярное (вертикальное) направление (ось Y) фиксируют второй вешкой. Для этого студент с вешкой идет по направлению луча визирования и, попав в поле зрения зрительной трубы, устанавливает вешку так, чтобы она совместилась с вертикальной нитью сетки теодолита (для контроля построения угла 90° повторяют при другом положении вертикального круга – точки должны совпасть). В створе созданной линии с помощью рулетки откладывают 10-метровые отрезки и фиксируют их, вбивая в землю сторожки и подписывая их названия 0/10, 0/20, 0/30 и т. д.

В это время бригада № 2 устанавливает теодолит на точке 10/0 (над сторожкой), приводит прибор в рабочее положение и повторяет действия бригады № 1 (ориентируя $0^{\circ}00'$ на лимбе на вешку или на нить отвеса теодолита бригады № 1). Остальные бригады также устанавливают теодолиты на соответствующие точки – 20/0, 30/0 и т. д. и повторяют порядок работ бригад № 1 и 2.

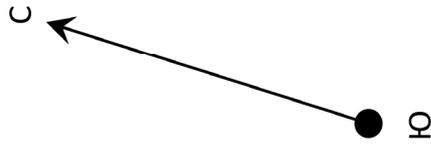
Работы продолжаются до полной разбивки вершин квадратов.

Примечание. Перпендикулярность можно проверить, применяя рулетку и используя свойство египетского треугольника, в котором катеты и гипотенузу можно выбрать длиной 3, 4 и 5 м или же 6, 8 и 10 м, а также 12, 16 и 20 м. Правильность установки вех проверяют еще и визуально: отклонение вех от прямых линий (в том числе и от диагоналей) не должно превышать 0,1 м.

3. *Журнал-схема нивелирования по квадратам* (рис. 6.2). Составляет бригадир или его помощник при помощи карандаша и линейки на отдельном листе бумаги формата А4 (или в тетради-дневнике практики), чтобы стороны малых квадратов было удобно принять длиной 3–4 см.

ЖУРНАЛ-СХЕМА НИВЕЛИРОВАНИЯ ПО КВАДРАТАМ

174,49	173,73	174,08	174,49	175,01
1440	2200	1850	1440	0920
			0	
173,05	174,38	174,60	174,70	174,88
2880	1550	1330	1230	1050
174,76	175,16	175,55	175,73	175,25
1170	0770	0380	0200	0680
175,34	175,54	175,79	175,33	174,98
0590	0390	0140	0600	0950



$H_{Pr 34} = 175,609 \text{ м}$
 $a_{Pr 34} = 0321 \text{ мм}$



Масштаб 1:М = 1:200 Нивелировало бригада № _____

Рис. 6.2. Пример оформления журнала-схемы нивелирования участка местности по квадратам

4. *Ориентирование сетки квадратов.* При помощи буссоли измеряют магнитный азимут линии 0/0–0/40 сетки (или его выдает преподаватель) и записывают в журнале-схеме.

5. *Нивелирование вершин квадратов.* Нивелир устанавливают приблизительно в средней части площадки (рис. 6.1). Главное условие, чтобы с нее были видны все вершины квадратов и привязочные точки (реперы или точки тахеометрического хода) и хватало высоты рейки (горизонтальный луч визирования не должен упираться в землю и быть выше рейки). При невозможности нивелируют с 2–3 станций, прокладывая к ним дополнительный привязочный нивелирный ход.

Вершины квадратов нивелируют как промежуточные точки. Нивелирную рейку поочередно ставят прямо на землю рядом со сторожком на каждой вершине квадратов, берут отсчет только по ее черной стороне и записывают в журнале-схеме рядом с вершинами квадратов (см. рис. 6.2). Вследствие того, что рейка ставится на шероховатую поверхность земли, точность снятия отсчетов снижается до целых сантиметров, например 1440.

Важно! Нивелир *нельзя* снимать со станции пока не будет выполнена высотная привязка к реперной точке или к точке тахеометрического хода с известной высотной отметкой.

6. *Высотная привязка сетки квадратов.* Передача исходной высоты (отметки) на станцию производится от ближайшего репера или от точки съемочного обоснования (полигона). Для этого с той же станции, где производилось нивелирование вершин, производится наведение на рейку, которая точно установлена на репере или на кольшке точки полигона. Снимается отсчет и в журнал-схему записывается номер репера или точки съемочного обоснования с отсчетом на нее.

6.2. Топографический план

Камеральная обработка. Абсолютные отметки вершин квадратов вычисляются через горизонт прибора, например: $H_{РП\ 34} = 175,609$ м, а отсчет по черной стороне рейки на него равен $a_{РП\ 34} = 0,321$ мм, следовательно, $ГП = H_{РП\ 34} + a_{РП\ 34} = 175,609 + 0,321 = 175,930$ м. Каждая высотная отметка вершины H_i квадрата будет равна разности горизонта прибора ГП и отсчета по черной стороне рейки на данную точку a_i : $H_i = ГП - a_i$.

Топографический план составляют в масштабе 1:200 или 1:250 (сторона одного квадрата на плане будет равняться 5 или 4 см соответственно). На чертежной бумаге формата А3 строят сетку квадратов, около вершин которых выписывают из журнала-схемы нивелирования (см. рис. 6.2) отметки с округлением до 0,01 м (рис. 6.3). Расположение горизонталей на сторонах и диагоналях квадратов определяют интерполированием аналитически или графически с помощью палетки-кальки (или треугольника и линейки). Техника проведения горизонталей на плане описана в пункте 4.5.4 (с. 100). *При сложном рельефе проводятся диагонали* в квадратах, на которых потом также осуществляется интерполяция высот.

При высоте сечения рельефа $h_c = 0,25$ м параллельные линии палетки (см. рис. 4.29) подписывают отметками, кратными 0,25 м (при $h_c = 0,5$ м – кратными 0,5 м).

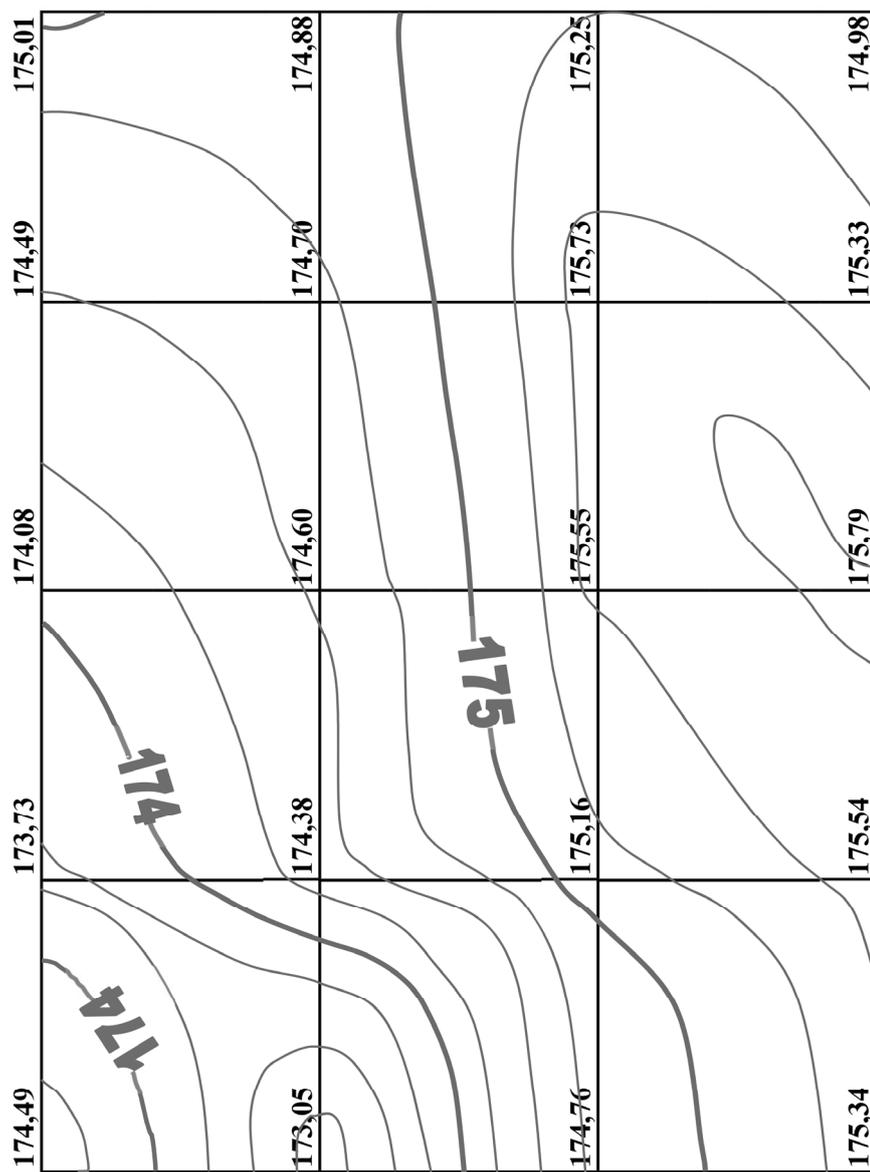
План оформляют тушью гелевыми ручками: сеть квадратов с отметками вершин – черным цветом, а горизонтали – коричневым, при этом цифрами подписываются те, которые кратные 1 м (в учебных целях) и верх числа при этом направлен в сторону повышения ската (такие горизонтали рисуют утолщено). Толщина обычных горизонталей – 0,1 мм, утолщенных – 0,25 мм.

6.3. Расчеты при вертикальной планировке участка местности

Одной из составных частей генерального плана строительства, является проект вертикальной планировки застраиваемой территории. В соответствии с этим проектом, естественный рельеф преобразуется путем выполнения земляных работ.

В зависимости от задач строительства проектный рельеф может быть горизонтальным, иметь уклон в одну или в две стороны либо иметь сложную поверхность. Проектирование горизонтальной площадки проводится на основании результатов нивелирования участка поверхности по квадратам при условии нулевого баланса земляных работ, т. е. при условии равенства объемов выемок и насыпей. Условие баланса подразумевает, что песчаные грунты на участке пригодны в качестве основания для строительства игровой спортивной площадки и они из зоны выемки подлежат перемещению в зону насыпи в пределах площади объекта.

ПЛАН УЧАСТКА



Выполнила бригада № _____

Масштаб 1:М = 1:200 (в 1 см 2,0 м) $h_c = 0,25$ м

Рис. 6.3. Пример оформления топографического плана участка

Проектная высота. На бумаге формата А3 рисуют сетку квадратов и выписывают отметки вершин квадратов из журнала схемы нивелирования (рис. 6.2). Проектную высоту $H_{пр}$ горизонтальной площадки с условием баланса земляных масс рассчитывают по формуле

$$H_{пр} = \frac{\sum H_1 + 2\sum H_2 + 3\sum H_3 + 4\sum H_4}{4 \cdot n}, \quad (6.1)$$

где $\sum H_1$ – сумма отметок вершин, входящих только в один квадрат; $\sum H_2, \sum H_3, \sum H_4$ – соответственно суммы отметок вершин, общих для двух, трех и четырех квадратов; n – общее число квадратов (рис. 6.4).

На рис. 6.2 не представлены вершины, имеющие 3 смежных квадрата, поэтому формула (6.1) будет иметь вид

$$H_{пр} = \frac{\sum H_1 + 2\sum H_2 + 4\sum H_4}{4 \cdot n};$$

$$H_{пр} = (698,82 + 2 \cdot 1746,90 + 4 \cdot 1050,12) / (4 \cdot 12) = 174,88 \text{ м.}$$

Примечание. Если поверхность земли ровная, то влияние рельефа на точность соблюдения баланса земляных масс считается незначительным и тогда проектная отметка горизонтальной площадки находится по формуле среднего арифметического:

$$H_{пр} = \frac{\sum H_i}{n}, \quad (6.2)$$

где H_i – отметки вершин квадратов; n – количество вершин.

Как правило, для расчета $H_{пр}$ пользуются формулой (6.1), результаты заносят на схему к расчетам плана земляных масс (рис. 6.5).

Рабочие отметки. Высоты насыпи и глубины выемки для вершин квадратов вычисляют по формуле (5.11): $h_p = H_{пр} - H_{зем}$ и записывают на схеме расчета красным цветом со знаком «+» или «-» (рис. 6.5).

Отрицательный знак рабочей отметки говорит о том, что для достижения проектной отметки необходимо срезать грунт, а положительный знак – о необходимости насыпных работ.

H_1	H_2	H_2	H_1
H_2	H_4	H_4	H_2
H_2	H_4	H_4	H_2
H_1	H_2	H_2	H_1

Рис. 6.4. Принадлежность вершин смежных квадратов

Проведение линии нулевых работ. Предварительно производится нумерация квадратов площадки (рис. 6.5). Линия нулевых работ проводится через точки нулевых работ, в которых проектные отметки равны абсолютным отметкам (или $h_p = 0$). Эти точки размещены на сторонах квадрата, которые имеют противоположные знаки рабочих отметок. Расстояние от вершины квадрата до линии нулевых работ (l_1, l_2) рассчитывается по формулам:

$$l_1 = \frac{|h_{p1}|}{|h_{p1}| + |h_{p2}|} \cdot a; \quad l_2 = \frac{|h_{p2}|}{|h_{p1}| + |h_{p2}|} \cdot a, \quad (6.3)$$

где $a = l$ – сторона квадрата; h_{p1}, h_{p2} – рабочие отметки на концах стороны квадрата (по модулю). Очевидно, что $l_1 + l_2 = a = l$.

Например, квадрат № 9 имеет две стороны с противоположными знаками:

$$l_1 = (|-0,46| / (|0,12| + |-0,46|)) \cdot 10 = 7,93 \text{ м (3,17 см в масштабе 1:250);}$$

$$l_2 = (|0,12| / (|0,12| + |-0,46|)) \cdot 10 = 2,07 \text{ м (0,83 см в масштабе 1:250);}$$

$$\text{Контроль: } l_1 + l_2 = l = 2,07 + 7,93 = 10 \text{ м.}$$

$$l_1 = (|0,12| / (|0,12| + |-0,28|)) \cdot 10 = 3,00 \text{ м (1,20 см в масштабе 1:250);}$$

$$l_2 = (|-0,28| / (|0,12| + |-0,28|)) \cdot 10 = 7,00 \text{ м (2,80 см в масштабе 1:250);}$$

$$\text{Контроль: } l_1 + l_2 = l = 3,00 + 7,00 = 10 \text{ м.}$$

Полученные значения l_1 и l_2 в метрах заносятся, соблюдая их принадлежность по знакам, в ведомость расчета объемов земляных масс на с. 136 (или сначала на рис. 6.5), а значения в сантиметрах откладываются на схеме (рис. 6.5).

Примечание. При этом полученное расстояние откладывается от точки, рабочая отметка которой стоит в числителе формулы.

Определяют расстояния до точек нулевых работ на всей площадке и отмечают их на сторонах квадрата. Данные точки соединяют (рис. 6.5) и получают *линию нулевых работ* ($h_{\text{раб}} = 0$).

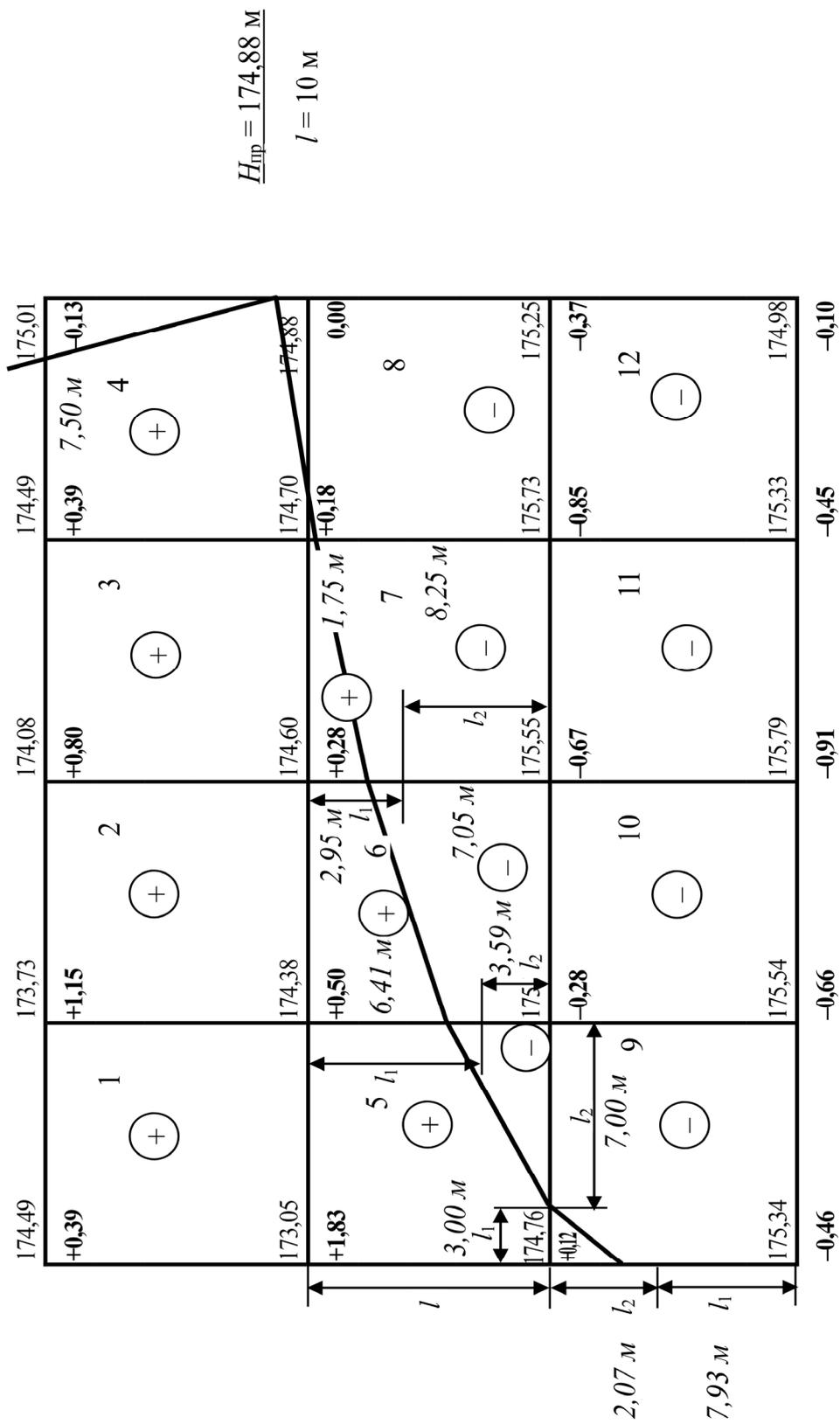
Расчет баланса земляных масс. Для определения баланса земляных масс необходимо вычислить объемы насыпей и выемок как произведение высоты на площадь основания.

Вычисление площади основания. Для этого используется таблица на с. 136, которая вычерчивается на листе формата А4–А3. Линия нулевых работ делит квадраты на простые геометрические фигуры (треугольники, трапеции, пятиугольники и квадраты), площадь которых подсчитывается по геометрическим формулам.

Площади фигур рассчитываются по следующим формулам:

– $S_{\Delta} = a \cdot h / 2$ – площадь треугольника равна половине произведения основания на высоту (в прямоугольном – $1/2$ произведения катетов);

СХЕМА К РАСЧЕТАМ ПЛАНА ЗЕМЛЯНЫХ МАСС



Масштаб 1:М = 1:200

Выполнила бригада № _____

Рис. 6.5. Схема к расчетам линии нулевых работ, геометрии фигур и величин площади участков выемки и насыпи

- $S_{\square} = (a + b) / 2 \cdot h$ – площадь трапеции равна полусумме оснований, умноженных на высоту;
- $S_{\square} = a^2$ – площадь квадрата равна квадрату его стороны;
- $S_{\triangle} = S_{\square} - S_{\Delta}$ – площадь пятиугольника равна разности площадей квадрата и треугольника.

Данные длин сторон соответствующих фигур и их вид заносятся в таблицу на с. 136 и производится расчет площади фигур с округлением до 0,1 м².

Вычисление средних рабочих отметок. Для получения объема фигуры необходимо знать площадь этой фигуры и ее высоту, за которую при расчете объемов земляных масс принимается средняя рабочая отметка, которая вычисляется как среднеарифметическое из значений рабочих отметок, входящих в данную фигуру.

Например, в квадрате № 9 (рис. 6.5) линией нулевых работ квадрат разделен на треугольник и пятиугольник. Все точки пятиугольника находятся ниже плоскости, проходящей через линию нулевых работ (т. е. имеют отрицательные значения рабочих отметок), а в треугольнике – выше этой плоскости (т. е. h_p – положительные):

$$h_{p \text{ ср } \Delta} = (h_1 + h_2 + h_3) / 3 = (0,21 + 0 + 0) / 3 = 0,07 \text{ м.}$$

$$h_{p \text{ ср } \square} = (h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5) / 5 = (0 + 0 + (-0,28) + (-0,66) + (-0,46)) / 5 = -0,28 \text{ м.}$$

Средние отметки фигур квадрата и трапеции:

$$h_{p \text{ ср } \square} = h_{p \text{ ср } \square} = (h_1 + h_2 + h_3 + h_4) / 4.$$

Важно! Рабочие отметки точек, находящихся на линии нулевых работ, равны нулю. Сумма всех средних рабочих отметок равна нулю.

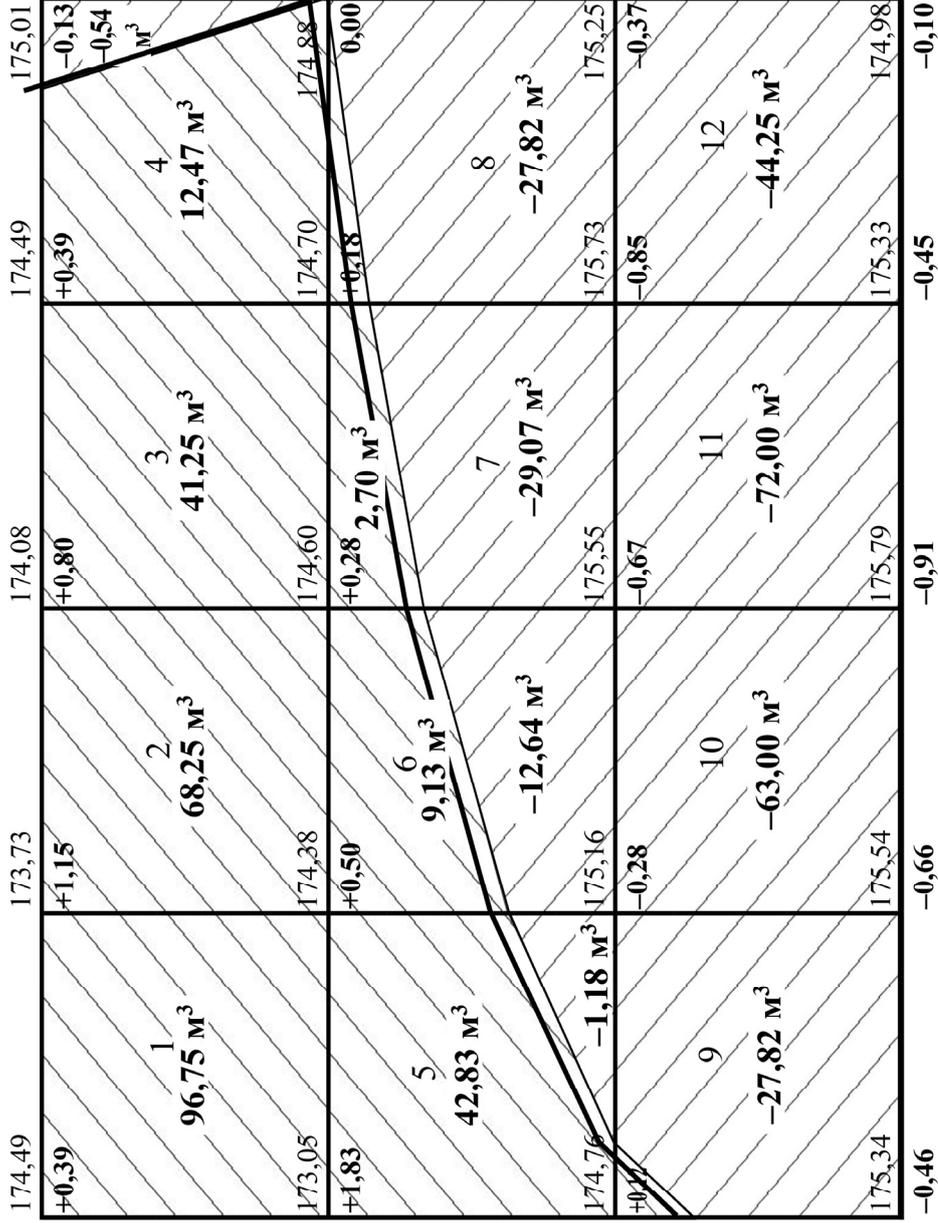
Объемы земляных масс. Вычисленные средние рабочие отметки заносятся в таблицу (с. 136). На основании этих отметок и площади фигур рассчитываются объемы насыпи (V_n) со знаком «+» и выемки (V_v) – со знаком «-» в каждом квадрате по формуле

$$V = S \cdot h_{p \text{ ср}}$$

с округлением до 0,01 м³ и записываются в соответствующую графу таблицы.

Окончательный план земляных масс. Его составляют по примеру рис. 6.6. Сетку квадратов располагают параллельно рамке листа с учетом заданного исходного направления (румба), стрелочкой показывают направление север – юг. Объемы земляных масс V , м³, указывают в каждом квадрате картограммы по данным таблицы. Насыпь штрихуется под углом 45° или закрашивается желтым цветом, выемка – под углом 45° в противоположную сторону или розовым (можно светло-фиолетовым) цветом.

ПЛАН ЗЕМЛЯНЫХ МАСС



$$H_{\text{пр}} = 174,88 \text{ м}$$

$$l = 10 \text{ м}$$

Масштаб 1:М = 1:200

Выполнила бригада № _____

Рис. 6.6. Пример оформления плана земляных масс (картограмма земляных работ)

Ведомость расчета объемов земляных масс

Номер квадрата	Длина стороны, м		Вид фигуры	Площадь S, м ²	Рабочие отметки, м						Объем V, м ³		
	l ₁	l ₂			h ₁	h ₂	h ₃	h ₄	h ₅	h _{ср}	насыпи (+)	выемки (-)	
1 (+)	10	10	□	100	+0,39	+1,15	+0,50	+1,83	–	0,97	96,75	–	
2 (+)	10	10	□	100	+1,15	+0,80	+0,28	+0,50	–	0,68	68,25	–	
3 (+)	10	10	□	100	+0,80	+0,39	+0,18	+0,28	–	0,41	41,25	–	
4 (+)	10	7,50	□	87,5	+0,39	0	0	+0,18	–	0,14	12,47	–	
4 (-)	2,50	10	△	12,5	0	-0,13	0	–	–	-0,04	–	-0,54	
5 (+)	–	–	△	87,4	+1,83	+0,50	0	0	+0,12	0,49	42,83	–	
5 (-)	7,00	3,59	△	12,6	0	0	-0,28	–	–	-0,09	–	-1,18	
6 (+)	6,41	2,95	□	46,8	+0,50	+0,28	0	0	–	0,20	9,13	–	
6 (-)	3,59	7,05	□	53,2	0	0	-0,67	-0,28	–	-0,24	–	-12,64	
7 (+)	2,95	1,75	□	23,5	+0,28	+0,18	0	0	–	0,12	2,70	–	
7 (-)	7,05	8,25	□	76,5	0	0	-0,85	-0,67	–	-0,38	–	-29,07	
8 (+)	1,75	10	△	8,8	+0,18	0	0	–	–	0,06	0,53	–	
8 (-)	8,25	10	□	91,2	0	0	-0,37	-0,85	–	-0,31	–	-27,82	
9 (+)	2,07	3,00	△	3,1	+0,21	0	0	–	–	0,07	0,22	–	
9 (-)	–	–	△	96,9	0	0	-0,28	-0,66	-0,46	-0,28	–	-27,13	
10 (-)	10	10	□	100	-0,28	-0,67	-0,91	-0,66	–	-0,63	–	-63,00	
11 (-)	10	10	□	100	-0,67	-0,85	-0,45	-0,91	–	-0,72	–	-72,00	
12 (-)	10	10	□	100	-0,85	-0,37	-0,10	-0,45	–	-0,44	–	-44,25	
Суммарные значения				1200	–						0,00	274,13	-277,63
Дисбаланс объемов $ \sum V_H - \sum V_B $, м ³										–3,5			
Допустимый дисбаланс Δ_m , %										–0,6			

Баланс расчетных объемов земляных масс. В таблице подсчитываются суммарные объемы насыпи ($\sum V_H$) и выемки ($\sum V_B$) и по их разности определяется дисбаланс объемов $|\sum V_H| - |\sum V_B|$ (таблица): $274,13 - 277,63 = -3,5$ м³.

Рассчитывается допустимый дисбаланс земляных работ:

$$\Delta_m = \frac{|\sum V_H| - |\sum V_B|}{|\sum V_H| + |\sum V_B|} \cdot 100\%; \quad (6.4)$$

$$\Delta_m = -3,5 / 551,76 \cdot 100\% = -0,6\%.$$

Если полученное число *меньше 3%* (по модулю), то расчет выполнен *верно* (на практике допускается отклонение до 5% из-за разрыхленного грунта, который из зоны выемки перемещен в зону насыпи). При необходимости решение корректируется, т. е. пересчитывается $H_{пр}$ горизонтальной плоскости и другие вычисления.

7 РЕШЕНИЕ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

7.1. Измерение высоты объектов геодезическим способом

Одной из распространенных задач геодезии представляется задача определения отметки высоких частей сооружения, измерения высоты здания или дерева. При этом часто возникает необходимость замера высоты, когда измерение с помощью обычных методов недоступно или нецелесообразно. В этом случае измерение высоты сооружений производится с помощью теодолита.

Приборы и инструменты: теодолит 2Т30, штатив, отвес, лента или рулетка, тетрадь-дневник практики.

Порядок выполнения работ. Руководитель практики указывает предмет, высоту которого должны определить (столб, дерево, здание, высота проводов ЛЭП над поверхностью земли и т. п.).

1. Устанавливают теодолит приблизительно *на одной ровной поверхности* с измеряемым объектом (рис. 7.1) на расстоянии от него не менее *двойной-тройной высоты* самого объекта (в этом случае угол наклона при наведении на верх предмета не будет превышать 35° , из-за чего будет удобно брать отсчеты по вертикальному кругу). Горизонтируют прибор и приводят его в рабочее положение над точкой *A*.

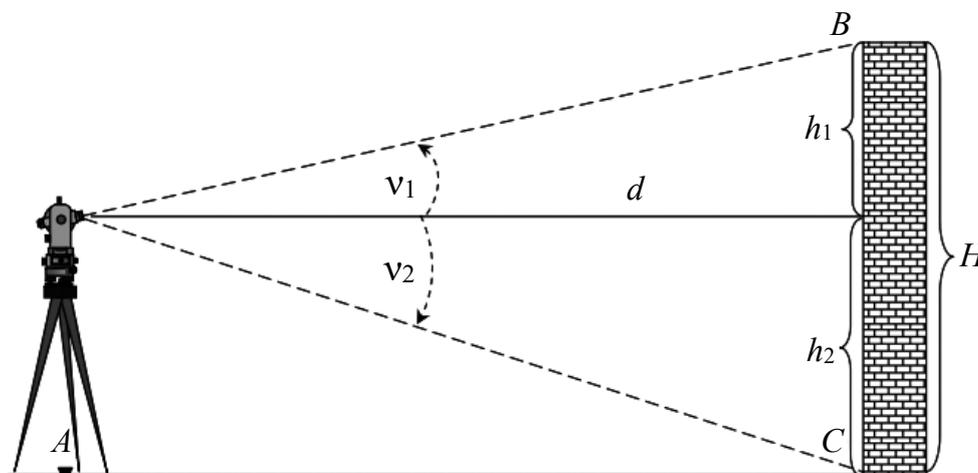


Рис. 7.1. Схема измерения высоты объекта

2. Измеряют расстояние d от станции до точки A с помощью мерной ленты, рулетки или нитяного дальномера (рис. 7.1, табл. 7.1).

3. Определяют место нуля (см. пункт 4.4.1, с. 78) и заносят данные в табл. 7.1.

4. При положении «круг лево» (КЛ) визируют на верх объекта (точка B) и берут отсчет по вертикальному кругу (табл. 7.1).

5. Визируют при КЛ на низ объекта (точка C) и берут отсчет по вертикальному кругу (табл. 7.1).

6. Вычисляют по формуле (см. пункт 4.4.4, с. 90) углы наклона v_1 и v_2 на точки B и C соответственно.

Таблица 7.1

Измерение высоты объекта					
«12» июня 20 23 г.		Теодолит ТТ30		Круг Л	
Наименование точки станции	Наименование точки наведения	Отсчеты по вертикальному кругу (КЛ)	Углы наклона, v_1 / v_2	Расстояние d , м	Высота H , м
<i>Столб ЛЭП</i>					
КП = <u>0°44'</u>		КЛ = <u>-0°44'</u>		МО = <u>0°00'</u>	
A	B	27°47'	27°47'	14,22	8,76
	C	-5°31'	-5°31'		
<i>Дерево (сосна)</i>					
КП = <u>1°05'</u>		КЛ = <u>-1°07'</u>		МО = <u>-0°01'</u>	
1	Вершина	35°11'	35°12'	30,12	23,41
	Основание	-4°05'	-4°06'		

7. Вычисляют высоту объекта с учетом знаков углов наклона:

$$H = d \cdot (\operatorname{tg} v_1 - \operatorname{tg} v_2). \quad (7.1)$$

Следует отметить, что с учетом знаков углов наклона приведенная формула для расчета высоты носит универсальный характер как при расположении оси вращения теодолита выше основания объекта (рис. 7.1), так и ниже его. Все данные заносятся в табл. 7.1.

7.2. Вынос на местность точки с заданной проектной высотой

При производстве строительного-монтажных работ необходимость переноса отметок на местность возникает при рытье котлованов, траншей, возведении монтажных горизонтов и т. д. Передача

отметок осуществляется способами геометрического и тригонометрического нивелирования.

Приборы и инструменты: нивелир, штатив, рейки, топор, тетрадь-дневник практики, кол или сторожок.

Порядок выполнения работ. Передача отметки осуществляется от точки с известной отметкой (репера). На практике такими точками могут являться вершины углов теодолитного хода. Положение определяемой точки задается преподавателем.

1. Устанавливают нивелир между репером Рп 34 и точкой В, на которую нужно вынести и закрепить проектную отметку высоты (рис. 7.2), горизонтируют и приводят прибор в рабочее положение.

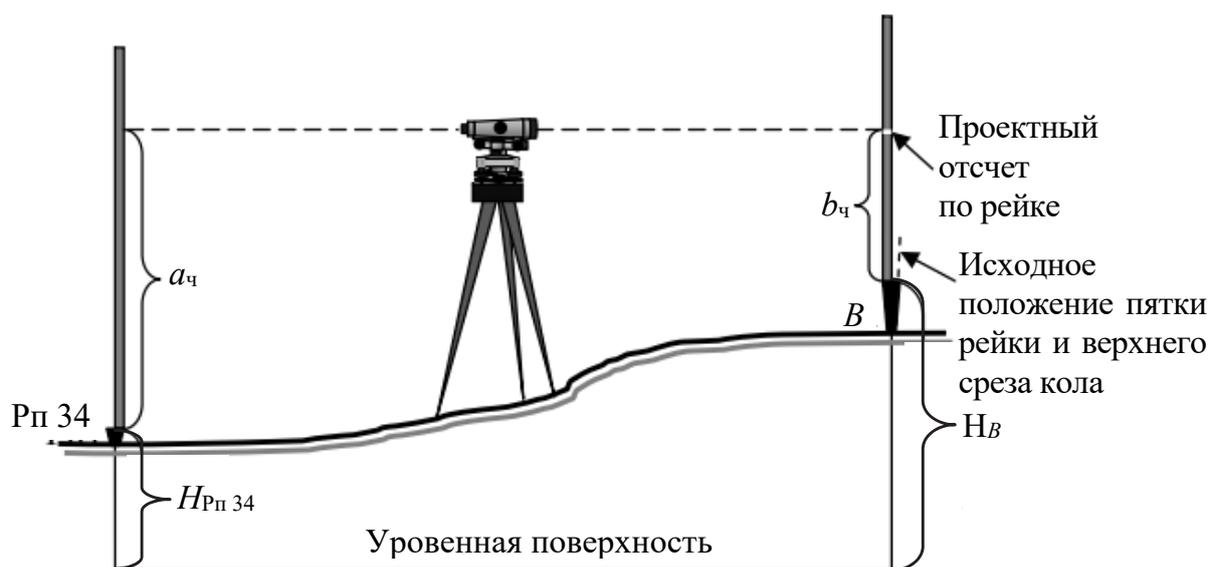


Рис. 7.2. Построение точки с заданной проектной отметкой

2. Визируют на рейку, установленную на репере, и берут отсчет $a_{ч}$ по черной стороне рейки (табл. 7.2).

Таблица 7.2

Построение точки с проектной отметкой

Номер точки	Отметка, м	Отсчеты по рейке, мм		Превышение, мм	Разность, мм
		a	b		
Рп 34	175,609	1840	–	$h = 1840 - 1342 = +498$	–
B	176,107	–	1342		
<i>Контроль</i>					
Рп 34	–	1836 6629	–	+494	$\Delta h = 493 - 498 = -5$
B	–	–	1342 6137	+492 $h_{ср\ выч} = +493$	

3. Вычисляют проектный отсчет $b_{\text{ч}}$ по черной стороне рейки для точки B по формуле

$$b_{\text{ч}} = (H_{\text{рп}} + a_{\text{ч}}) - H_{\text{пр } B} = \text{ГП} - H_{\text{пр } B}. \quad (7.2)$$

$$b_{\text{ч}} = (175,609 + 1,840) - 176,107 = 1,342 \text{ м} = 1342 \text{ мм (табл. 7.2)}.$$

4. В точке B забивают кол, устанавливают на него рейку и по знаку наблюдателя постепенно передвигают ее вверх (или вниз) до тех пор, пока средняя нить нивелира не совпадет с отсчетом $b_{\text{ч}} = 1342$. Пятка рейки и верхний срез кола будут соответствовать проектной отметке, забиваем кол до уровня отметки, контролируя отсчет средней нитью.

При необходимости выполняют контрольное определение отметки вынесенной точки, выполняя на станции полный цикл нивелирования (по красной и черной сторонам рейки). Вычисляют разность $\Delta h = h_{\text{ср выч}} - h_{\text{пр}}$ (табл. 7.2), которая будет характеризовать точность выноса проектной отметки. Если $|\Delta h| \leq 10$ мм, то измерения проведены верно (если $\Delta h < 0$, то кол надо поднять вверх на величину разности, и наоборот).

7.3. Построение линии проектного уклона

Задача перенесения на местность линии и плоскости с заданным уклоном возникает при строительстве линейных сооружений, а также городских площадей и др. Построение линии заданного уклона на местности выполняется с помощью нивелира (или теодолита). При этом следует помнить, что применение нивелира ограничено оборотами его подъемного винта (один полный оборот подъемного винта подставки прибора наклоняет ось трубы на угол в 40°). Если превышение невелико, то положение промежуточных точек находится с помощью наклонного луча нивелира, в противном случае используется теодолит.

Приборы и инструменты: нивелир, штатив, рейки, резинка (веревочка), топор, тетрадь-дневник практики, сторожки (5–10 шт.).

Порядок выполнения работ. Бригады получают от руководителя практики задание – указание места расположения линии, ее длину, уклон и отметку репера, которые заносятся в табл. 7.3. От репера или от точки с известной высотной отметкой тахеометрического хода) откладывается линия длиной 50–100 м, на которой через 5–20 м неглубоко забиваются сторожки (рис. 7.3) – последняя

точка считается проектной точкой B . Рассчитывается ее проектная высота по формуле $H_B = H_{Рп} + i \cdot d$ и заносится в табл. 7.3.

Например, $H_B = 175,609 + 0,015 \cdot 60 = 176,509$ м.

Для установки данной точки B на рассчитанную высоту можно расположить нивелир посередине между реперной точкой и точкой B , снять отсчет по черной стороне рейки a на репер и занести данный отсчет в табл. 7.3. По формуле (7.2) высчитать проектный отсчет b .

Примечание. Предпочтительно выполнять две задачи по подразделам 7.2 и 7.3 одновременно.

Таблица 7.3

Построение линии с заданным уклоном

Исходные данные				Рассчитываемые данные			
длина отрезков l , м	отметка репера $H_{Рп}$, м	уклон i	расстояние между точками d , м	проектная высота точки $H_{пр B}$	отсчеты по черной стороне рейки, мм		высота прибора $i_{пр}$, м
					a	b	
10	175,609	0,015	60	176,509	1341	0441	1,341

Можно также использовать метод нивелирования «вперед».

1. Нивелир устанавливают над репером, горизонтируют и приводят в рабочее положение, при этом один из подъемных винтов должен быть направлен вдоль разбитой линии $Рп-B$, а линия, соединяющая два других винта, перпендикулярна ей (рис. 7.3, а).

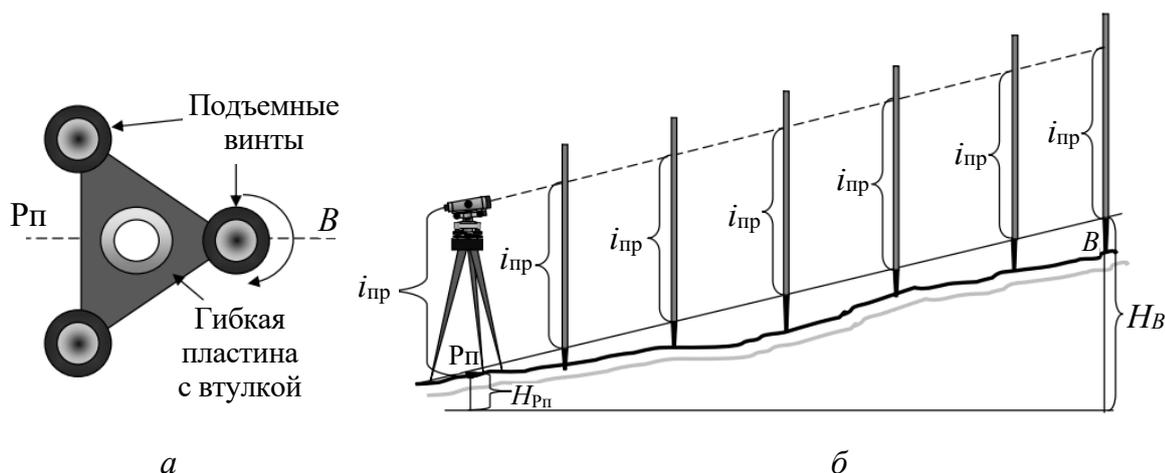


Рис. 7.3. Схема построения линии с заданным уклоном с помощью нивелира

2. Измеряют рейкой или рулеткой высоту прибора $i_{пр}$ (рис. 7.3, б) от репера до оси визирования (это и будет в данном случае отсчет a).

Данный отсчет отмечают резинкой (веревочкой) на рейке и заносят в табл. 7.3.

3. Рассчитывают проектный отсчет: $b = (H_{РП} + a_{ч}) - H_{пр В} = ГП - H_{пр В}$. Например, $b = (175,609 + 1,341) - 176,509 = 176,950 - 176,509 = 0,441 \text{ м} = 0441 \text{ мм}$. Заносят результат в табл. 7.3.

4. На последней точке, разбитой сторожками линии (точка В), устанавливают рейку и производят закрепление на местности ее высотной отметки H_B (пока в зрительной трубе при горизонтальном положении не будет отсчет b), как это показано в предыдущей задаче (см. подраздел 7.2, с. 138).

5. После этого рейка остается на последнем сторожке на верхнем срезе кола, который соответствует отметке H_B . *Подъемным винтом нивелира*, расположенным на оси Рп–В (рис. 7.3, а) наводят среднюю нить на отсчет, равный высоте прибора (рис. 7.3, б).

6. Далее рейку переносят на колья, установленные на 10-метровых отрезках линии. Постепенно забивая сторожки в землю, добиваются того, чтобы на каждой рейке средняя нить нивелира совпадала с отсчетом, равным высоте прибора (рис. 7.3, б).

Линия, соединяющая верхние срезы сторожков, и будет линией *с заданным уклоном*.

Аналогичным образом происходит и построение на местности горизонтальной плоскости с заданным уклоном, но при этом разбивают на местности сетку квадратов, вершины которых закрепляют сторожками.

7.4. Разбивка круговой кривой способом прямоугольных координат

При разбивке криволинейных участков линейных сооружений, при возведении отдельных зданий, имеющих закругленные части, возникает необходимость разбивки на местности круговых кривых через равные отрезки такой длины, чтобы дугу можно было принять за хорду. Исходной основой для детальной разбивки кривых линейных сооружений служат закрепленные на местности вершина угла поворота кривой ВУ, а также главные точки кривой: НК – начало кривой, СК – середина кривой, КК – конец кривой. По трем главным точкам точно построить кривую на местности невозможно, поэтому при строительстве трассы ее обозначают рядом дополнительных точек.

Данные работы называются детальной разбивкой кривой. Существует множество методов разбивки, но на практике чаще всего, пользуются способом прямоугольных координат (рис. 7.4).

Положение точек на кривой определяют координатами X и Y (рис. 7.4). За ось абсцисс принимают линию тангенса; если разбивка ведется от начала кривой, то за начало координат принимают точку НК, а если от конца кривой, то точку КК. Значения X и Y находят из таблиц круговых кривых или определяют по формулам. Абсциссы и ординаты откладывают по касательной и перпендикулярно ей при помощи рулетки или ленты.

Приборы и инструменты: теодолит, штатив, отвес, рейки, топор, вехи, тетрадь-дневник практики, сторожки (20–30 шт.).

Порядок выполнения работ. Бригады получают от руководителя практики задание: указание места разбивки, радиус кривой R , измеренный угол поворота трассы θ (можно использовать данные нивелирования трассы (см. пункт 5.1.2, с. 109)) и заданный шаг (интервал) разбивки l – расстояние между соседними точками на кривой (зависит от ее радиуса: $l = 20$ м при $R > 500$ м, $l = 10$ м при $100 < R < 500$ м, $l = 5$ м при $R < 100$ м). Так как любая кривая имеет две симметричные половины, расчет данных для детальной разбивки достаточно производить лишь для одной половины кривой (например, от начала кривой до ее середины).

1. Рассчитывают главные элементы круговой кривой Т, К, Б с округлением до 0,01 м по формулам (5.3)–(5.6), используя при этом значения угла поворота θ и радиуса R (данные заносятся в табл. 7.4).

2. Вычисляют угол φ (табл. 7.4), соответствующий дуге l :

$$\varphi = \theta \cdot l / K, \quad (7.3)$$

3. Рассчитывают по две координаты каждой точки разбивки ($i = 1, 2, 3$):

$$x_i = R \cdot \sin \varphi_i; \quad (7.4)$$

$$y_i = R \cdot (1 - \cos \varphi_i). \quad (7.5)$$

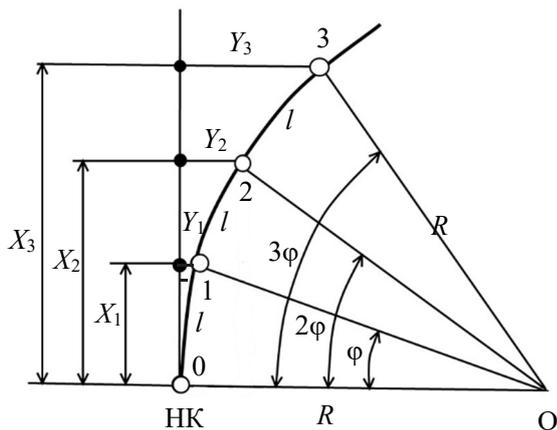


Рис. 7.4. Разбивка круговой кривой способом прямоугольных координат

При этом при расчетах смотрят на величину значения x_i – как только она станет больше значения тангенса T , то результат данного вычисления не записывают, а расчеты прекращают (или для определения количества x_i ($x_i < T$) можно также разделить T на l и округлить в меньшую сторону). Результаты вычислений заносят в табл. 7.4.

Таблица 7.4

**Данные для детальной разбивки круговой кривой
способом прямоугольных координат**

Элемент		Номер точки n	Угол $n\phi$	Координата	
обозначение	значение (вычисление)			x	y
θ	$62^\circ 8'$	НК	0	0,00	0,00
R	100 м	1	5,7297 (ϕ)	9,98	0,50
l	10 м	2	11,4594 (2ϕ)	19,87	1,99
T	60,24 м	3	17,1891 (3ϕ)	29,55	4,47
K	108,44 м	4	22,9188 (4ϕ)	38,94	7,89
B	16,76 м	5	28,6485 (5ϕ)	47,94	12,24
ϕ	$5,7297^\circ$	6	34,3782 (6ϕ)	56,47	17,47

4. На местности вначале выбирают и закрепляют сторожками вершину угла ВУ, от нее рулеткой откладывают одну линию тангенса и ставят в конечной точке вешку (это будет НК).

5. Устанавливают теодолит на точке ВУ, приводят его в рабочее положение. Выставив $0^\circ 00'$ на лимбе горизонтального круга (см. пункт 4.4.3) прибора (КЛ) при одновременном визировании на вешку тангенса (НК) откладывают угол ($180^\circ - \theta$) и в данном направлении в створе лентой откладывают (при этом корректируя направление через зрительную трубу теодолита) вторую линию тангенса (это будет КК). Закрепляют сторожками точки НК и КК.

6. От точки НК, совместив с ней нулевой штрих мерной ленты или рулетки, укладывают ленту в натянутом состоянии в створе тангенса по направлению к ВУ, отмечают шпилькой расстояние в отсчете X_1 (табл. 7.4) и фиксируют положение точки сторожком, вбивая его топором в землю.

7. С помощью нивелирных реек, уложенных встык перпендикулярно (или теодолита), откладывают угол 90° , в этом створе отмеряют в сторону кривой расстояние, равное Y_1 (см. рис. 7.4), и фиксируют точку 1 колышком. При этом, если величина Y превышает 4 м, для построения прямого угла используют теодолит (или экер).

8. Аналогичные действия повторяют со всеми остальными точками круговой кривой (см. табл. 7.4), закрепляя их расположение сторожками.

9. Подобным образом от КК производят разбивку другой половины кривой. Найденные точки кривой закрепляют сторожками.

10. Откладывают биссектрису Б. Для этого из точки ВУ теодолитом откладывают (см. выше п. 5) угол $(90^\circ - \theta / 2)$ от направления тангенса (НК), в створе данного направления лентой откладывают длину биссектрисы (при этом корректируя направление через зрительную трубу теодолита) и закрепляют ее сторожком.

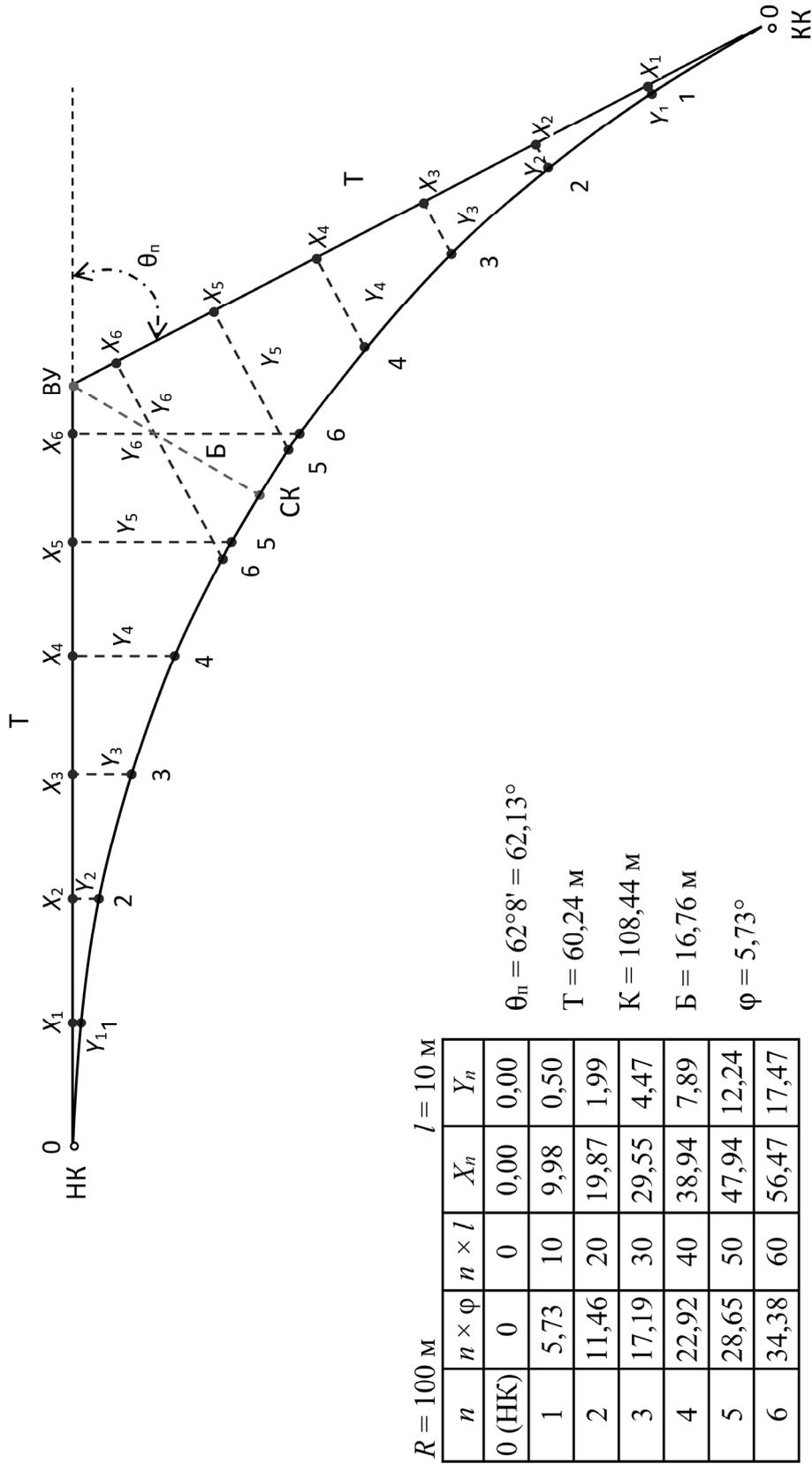
Примечание. Контролем правильности разбивки будет служить равенство расстояний между точками кривой 1–2, 2–3, 3–4 и т. д., измеренных рулеткой (лентой), которые должны быть равны шагу разбивки l ; визуально выставленные по кривой колышки должны плавно переходить в точку Б (СК); кроме того, последние (n -е) точки ветвей кривой, разбитые от точек НК и КК, должны быть расположены симметрично относительно точки Б (СК).

После окончания разбивки правильность выполнения работы проверяет руководитель практики.

Разбивочный чертеж круговой кривой. Все исходные и вычисленные данные и соответствующую схему разбивки (в подобранном масштабе 1:400, 1:500 или 1:1000) бригада оформляет на листе бумаги формата А4 или А3 (рис. 7.5). Построения начинают с прочерчивания в соответствующем масштабе линии тангенса (рис. 7.5) и нанесения на ней точек КК и ВУ (расстояние между ними равно тангенсу T). Пользуясь линейкой и транспортиром, откладывают угол θ_n и проводят под данным углом второй тангенс (НК). Точки НК и КК служат началом прямоугольных координат, а линии тангенсов – осями абсцисс. С помощью карандаша, линейки и прямоугольного треугольника делают такие же построения, как и на местности при разбивке кривой. Точки 1, 2, 3 и т. д. и симметричные им точки отмечают карандашом. Через точку ВУ проводят биссектрису (откладывают от линии тангенса угол $(90^\circ - \theta / 2)$ и отмеряют по ней длину Б). Проведенная через них плавная кривая должна быть круговой (рис. 7.5).

На окончательно оформленном чертеже можно не оставлять буквенные надписи X_n и Y_n . Чертеж оформляют черной тушью или гелевой ручкой, надписи делают чертежным шрифтом.

ДЕТАЛЬНАЯ РАЗБИВКА КРУГОВОЙ КРИВОЙ СПОСОБОМ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ КООРДИНАТ



Масштаб 1:М = 1:400

Выполнила бригада № _____

Рис. 7.5. Пример построения круговой кривой способом прямоугольных координат

7.5. Перенесение на местность контуров объекта

Площадки, выделенные под застройку, подлежат съемкам в крупных масштабах – 1:500, 1:1000, 1:2000. На полученной топографической основе крупного масштаба разрабатывается проект застройки – генеральный план (генплан) застройки. Необходимые величины для перенесения проекта на местность определяют в процессе геодезической подготовки данных генплана и составления на его основе разбивочных чертежей, на которые заносятся все необходимые данные.

Приборы и инструменты: теодолит со штативом, мерная лента со шпильками, вешки, рейки, топорик, колышки (10–15 шт.), маркер, тетрадь-дневник практики с необходимыми для выноски данными.

Предварительно, на свободном равнинном месте плана участка застроенной территории, под руководством преподавателя, наносится контур объекта, например, цветника, фонтана или беседки. Осуществляется его привязка к существующему планово-высотному съемочному обоснованию (например, линейными и угловыми привязками точек контура к опорным пунктам, координатами, дирекционными углами). Для определения положения в натуре осевых точек сооружений могут быть использованы способы, применяемые для съемки ситуации в теодолитной съемке.

Данные для выноса подготавливаются графически, т. е. все необходимые данные определяют на плане при помощи циркуля-измерителя, транспортира и масштабной линейки. Точность этих данных зависит от масштаба плана и деформации бумаги, на которой составлен план. Чем крупнее масштаб плана, тем выше точность получаемых с плана линейных и угловых величин, и наоборот. Поэтому для профессионального выноса используются данные теодолитной ведомости (координаты, дирекционные углы) и координаты объектов, определенные по плану участка (генплану). По этим данным с помощью обратной геодезической задачи получают необходимые для вынесения в натуру дирекционные углы (по которым можно определить горизонтальные углы – как разность дирекционных углов) и расстояния между точками.

На учебной практике необходимо выполнить упрощенный вынос точек контура объекта на местность двумя методами:

– ближайших точек способом прямоугольных координат (перпендикуляров), так как объект для переноса расположен вблизи линий опорного теодолитного хода;

– дальних точек способом полярных координат (полярный) – чаще применяется на открытой и удобной для измерения линий местности.

Горизонтальная разбивка сооружений сводится к построению проектных горизонтальных углов и расстояний, значения которых получены в процессе подготовки данных.

Порядок выполнения работ. По запроектированному на плане застроенной территории (дендропарка) контуру объекта, например цветника необходимой формы (в нашем случае – звезда), составляют схему разбивки для выноса на местность с привязкой к стороне теодолитного (тахеометрического) хода (рис. 7.6).

На данную схему выносят расстояния, полученные методом перпендикуляров от вершины в створе линии по направлению к другой вершине теодолитного хода, измеренные линейкой в миллиметрах на плане и переведенные, согласно масштабу плана, в метры.

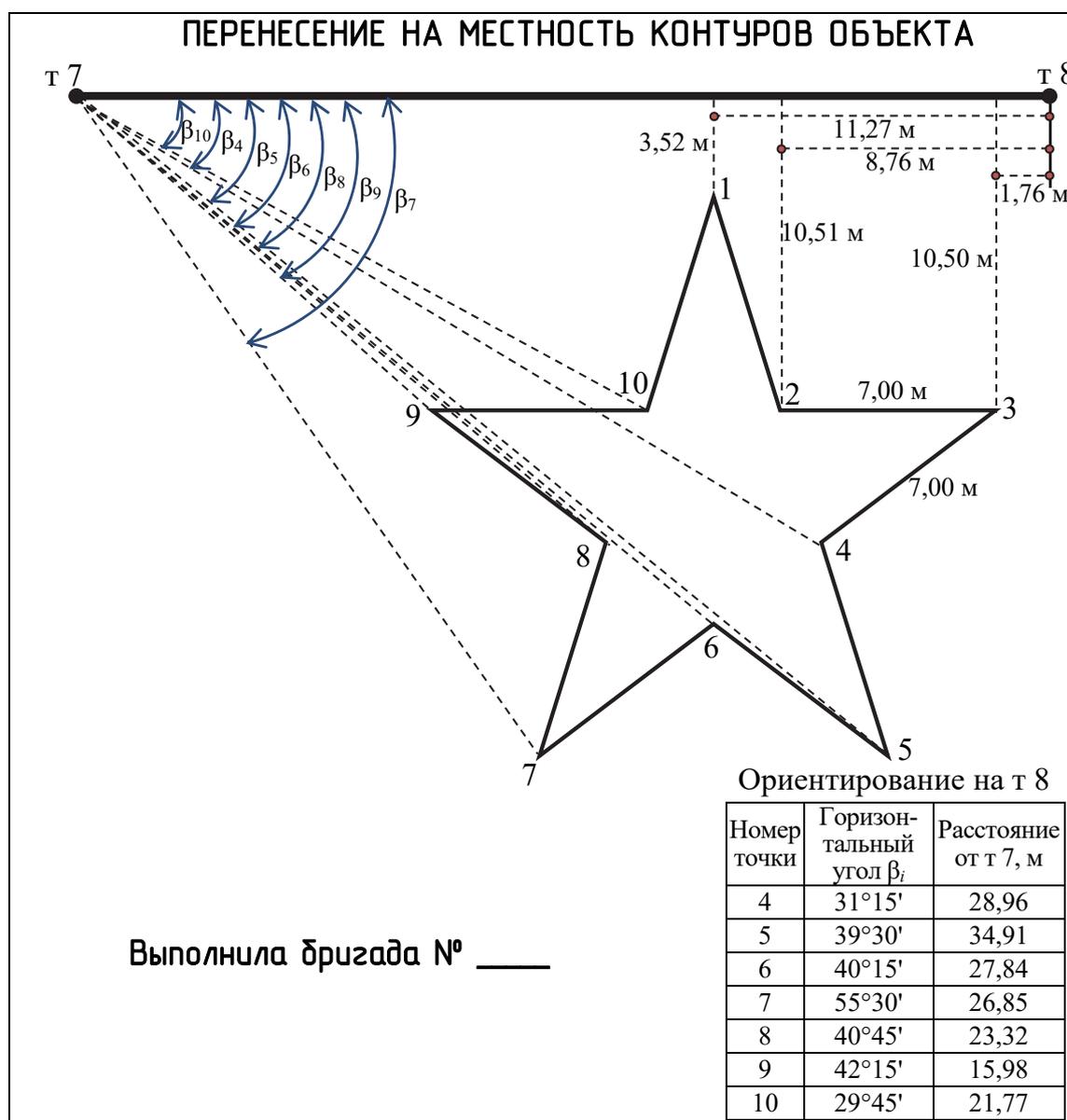


Рис. 7.6. Пример схемы разбивки цветника для выноски его контуров на местность

Измеряют геодезическим транспортиром *правые по часовой стрелке горизонтальные углы* от створа линии опорного хода (максимальная точность 15') и расстояния линейкой в масштабе от вершины тахеометрического хода до точки выноса контура (в метрах), заносят в таблицу на схеме (рис. 7.6) или просто указывают значения на ней.

Работы в натуре выполняют в следующей последовательности.

1. На местности, согласно схеме разбивки по методу перпендикуляров, укладывают мерную ленту в натянутом состоянии в створе теодолитного хода, совместив с нужной вершиной нулевой штрих, отмечают точки основания перпендикуляров и затем восстанавливают перпендикуляр с помощью экера или уложенных встык с лентой под углом 90° нивелирных реек, или при расстоянии больше 4 м – теодолитом (см. подраздел 7.4). Полученные точки фиксируют на местности сторожками, на которых маркером пишут номер точки и номер бригады.

Способ перпендикуляров широко применяется в практике строительства, так как обеспечивает необходимую точность разбивки теодолитом и не требует сложных измерений.

2. Устанавливают теодолит на точке теодолитного хода, центрируют, горизонтируют и приводят в рабочее положение. На точку, на которую производится ориентирование, устанавливают вешку согласно схеме (рис. 7.6). Совместив $0^\circ 00'$ на лимбе горизонтального круга прибора (*при КЛ*) при визировании на ориентируемую вешку (на рис. 7.6 это т. 8), откладывают проектный угол $\beta_{пр\ i}$. В данном направлении в створе, приложив нулевой штрих ленты к точке, на которой расположен теодолит, откладывают длину (при этом корректируют створ направления через зрительную трубу теодолита) и закрепляют окончание сторожком (забив топором в землю) с номером точки и бригады.

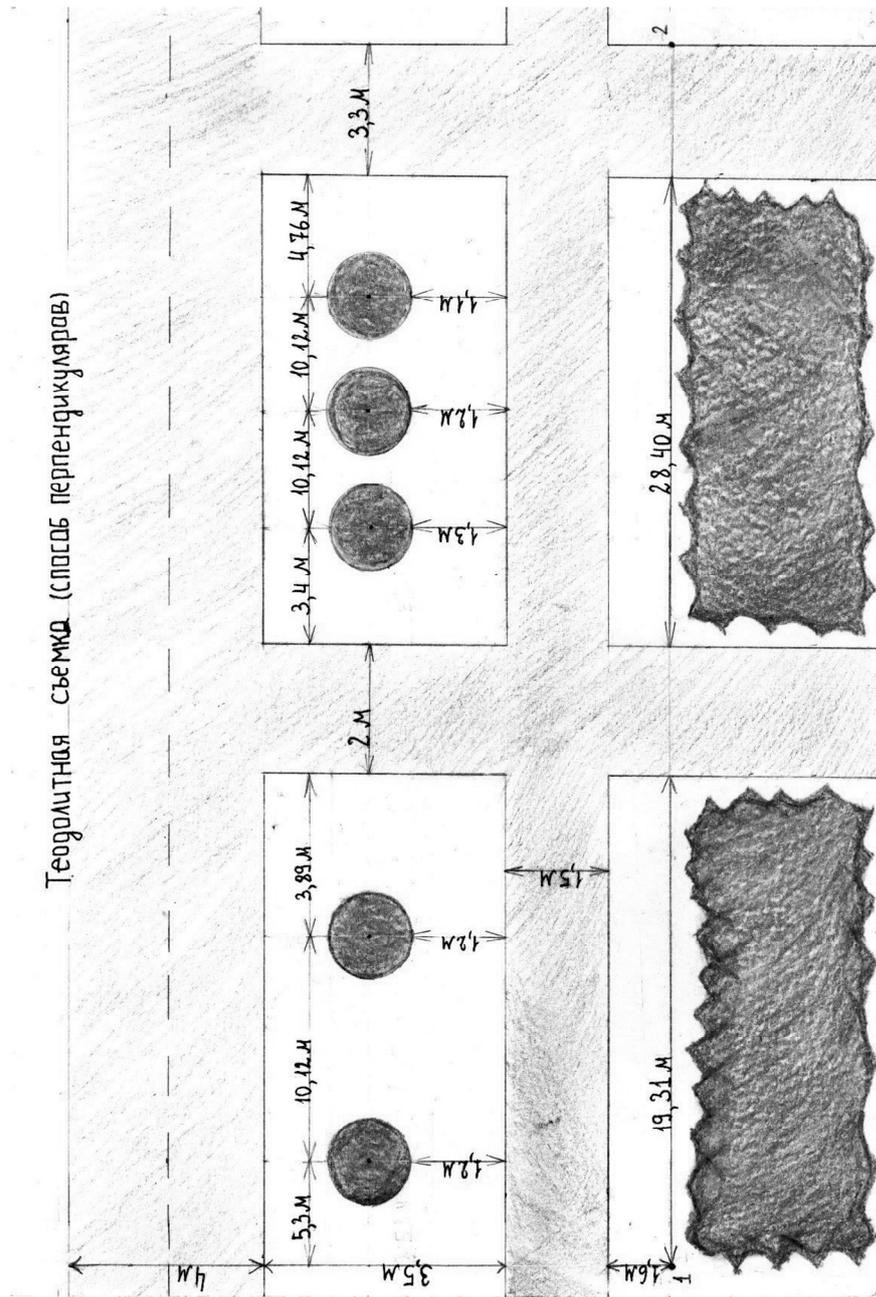
Примечание. Отложить правый проектный горизонтальный угол $\beta_{пр}$ можно без совмещения $0^\circ 00'$ на лимбе, для этого необходимо навести (при круге слева) на точку ориентирования (на рис. 7.6 это т. 8) и снять отсчет a_0 по лимбу; вычислить проектный отсчет ($a_{пр}$) на точку 1: $a_{пр} = a_0 + \beta_{пр}$; поворотом алидады установить этот отсчет на лимбе – это и будет направление на точку 1.

3. Затем откладывают поочередно остальные проектные горизонтальные углы теодолитом (рис. 7.6) и расстояния рулеткой с фиксацией точек сторожками.

После окончания разбивки правильность выполнения работы проверяет руководитель практики.

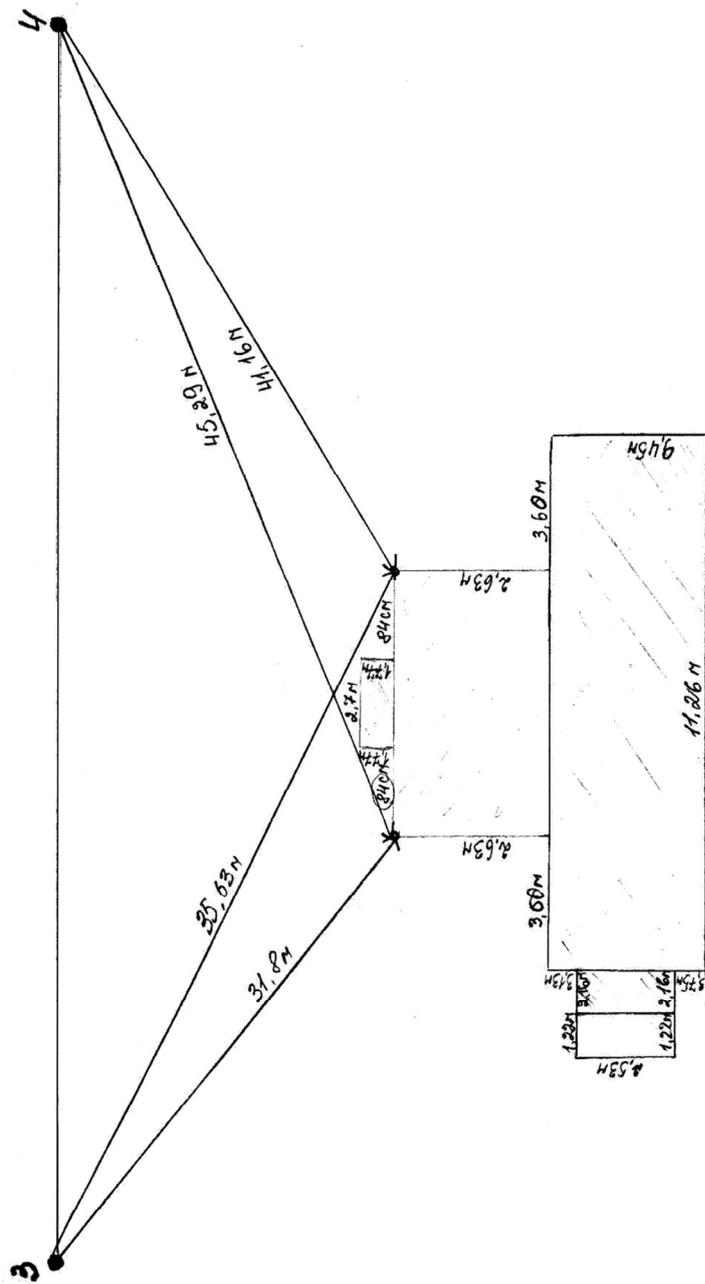
Приложение А

СПОСОБ ПЕРПЕНДИКУЛЯРОВ (ПРИМЕР)



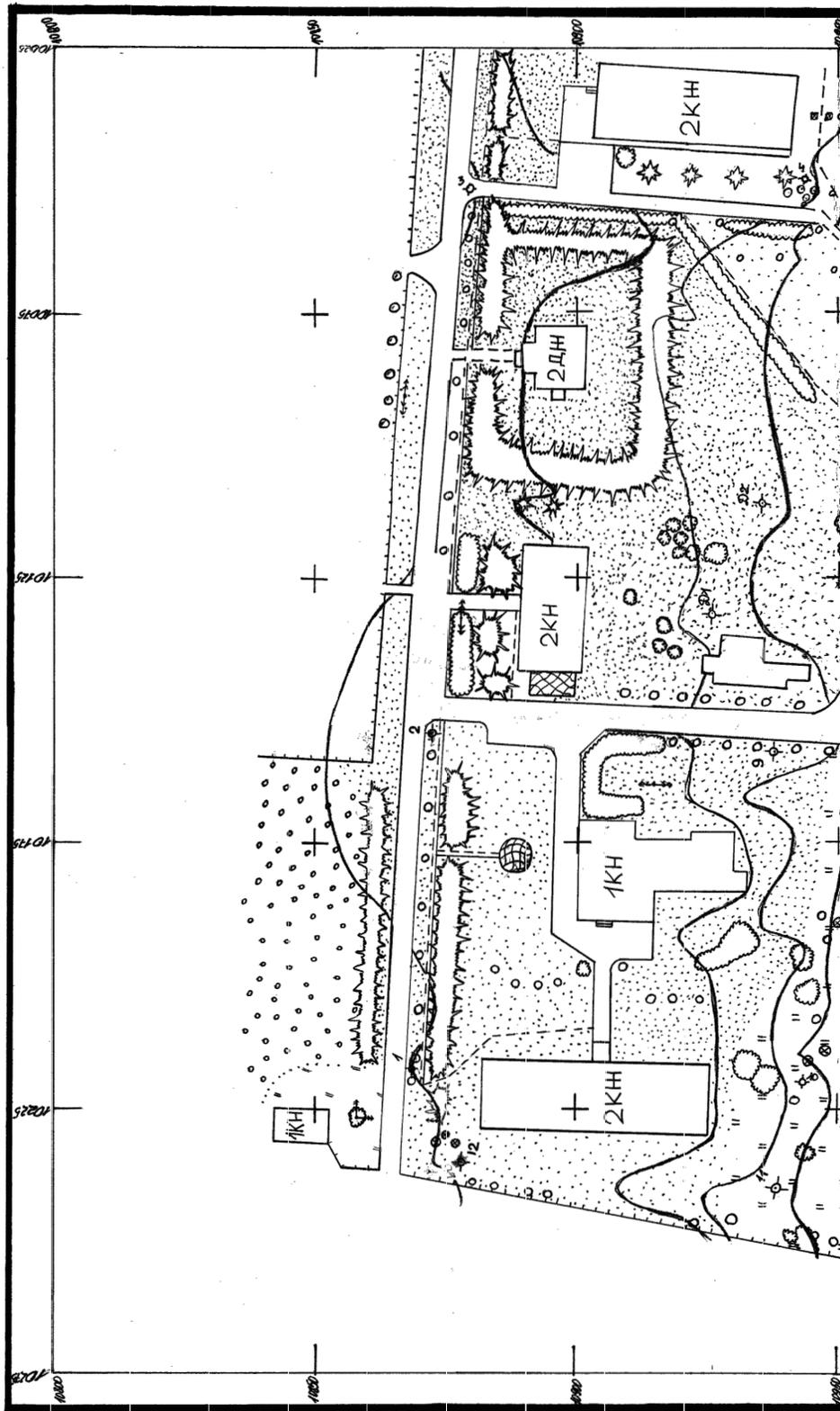
СПОСОБ ЛИНЕЙНЫХ ЗАРЕЗЧЕК (ПРИМЕР)

Теодолитная съемка (способ линейных разрезов)

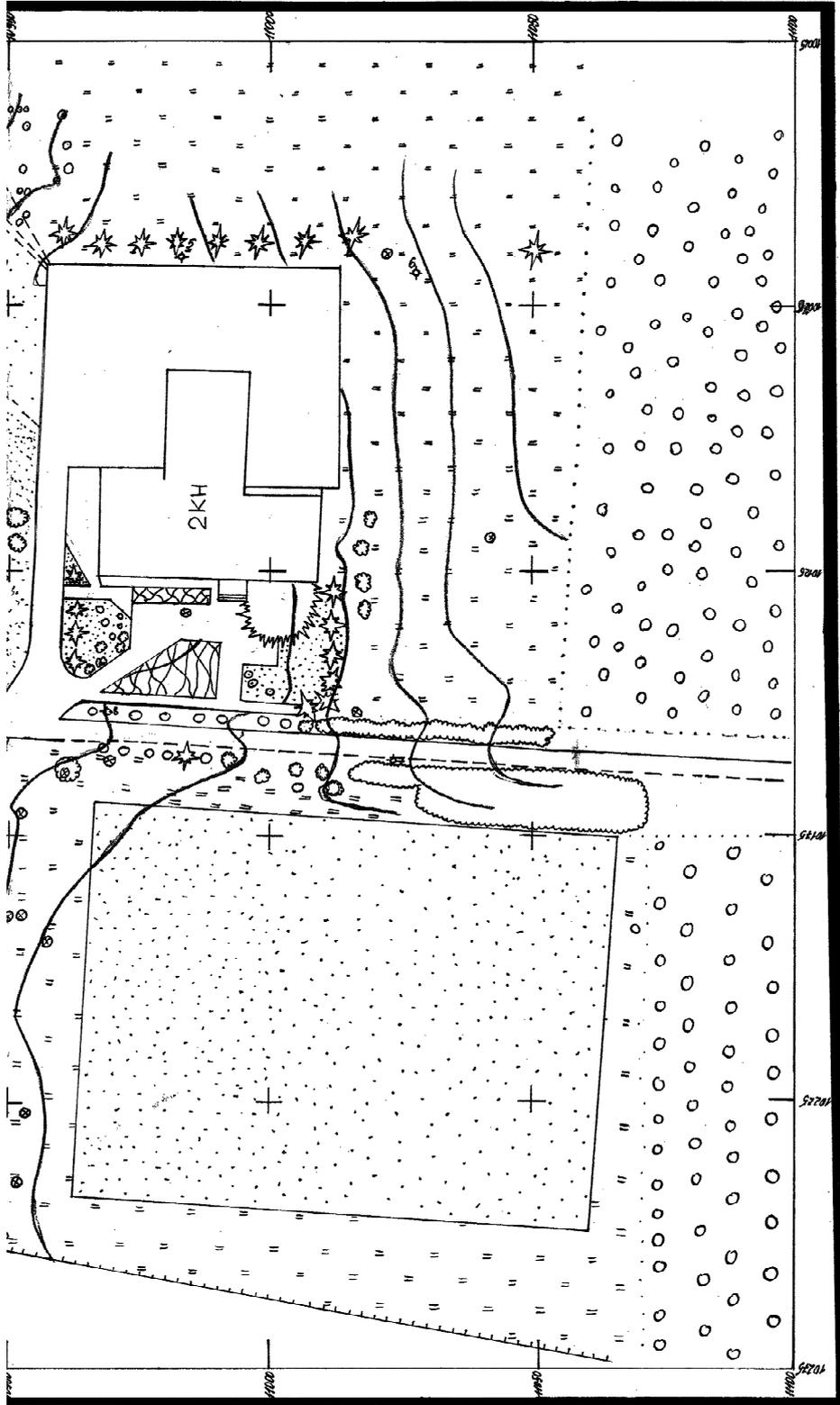


ПЛАН УЧАСТКА

ТАХОМЕТРИЧЕСКАЯ СЪЕМКА



Приложение Д ТОПОГРАФИЧЕСКИЙ ПЛАН УЧАСТКА



Бригада №1: Хорошун М.Н., Лемчук А.Д., Прошкина К.А.,
Пушкина Е.А., Олешко М.Г., Нигарас.

1:М=1:500
h_c=0,5 м

ЛХФ БГТУ

ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ

1. Назначение теодолита. Что такое теодолитная съемка?
2. Назовите основные части теодолита 2ТЗ0 и перечислите его отсчетные приспособления.
3. Основные поверки теодолита. Что такое юстировка?
4. Порядок измерения горизонтального угла способом приемов.
5. Прямая и обратная геодезические задачи.
6. Землемерные ленты, рулетки и их назначение. Компарирование.
7. Измерение вертикального угла (угла наклона).
8. Измерение расстояния нитяным дальномером.
9. Вычислительная обработка ведомости координат теодолитного хода.
10. Назначение нивелиров. Способы нивелирования.
11. Основные части нивелира Н-3.
12. Основные поверки нивелира.
13. Сущность и способы геометрического нивелирования.
14. Горизонт прибора, сущность.
15. Азимут, румб, дирекционный угол.
16. Съемочное планово-высотное обоснование, способы создания.
17. Последовательность работы на станции геометрического нивелирования пунктов съемочного обоснования.
18. Обработка журнала технического нивелирования. Пикетажный журнал.
19. Элементы круговой кривой и их вычисление.
20. Проектные уклоны, точки нулевых работ, рабочие отметки, промежуточные точки.
21. Сущность тахеометрической съемки. Виды точек и их отличия.
22. Порядок работы на станции тахеометрической съемки.
23. Место нуля и его определение.
24. Вычислительная обработка журнала тахеометрической съемки.
25. Вычисление отметок съемочных пикетов.
26. Как изображается рельеф? Палетка.
27. Способы определения площади участков на плане.
28. Нивелирование по квадратам. Назначение и сущность. Порядок работ.
29. Объем земляных работ. Дисбаланс.
30. Инженерные задачи, их назначение и сущность.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ковалевский, С. В. 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.
2. Калинич, І. В. Геодезія: навчальний посібник / І. В. Калинич, Г. Г. Гриник, М. Р. Ничвид. – Ужгород: УжНУ, 2020. – 248 с.
3. 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.
4. Букин, С. Н. Геодезия: учеб.-метод. пособие к лабораторным работам по направлению подготовки 21.03.02 «Землеустройство и кадастры» (2 семестр) / С. Н. Букин, Е. С. Денисова. – Пенза: ПГУАС, 2016. – 104 с.
5. Руководство по учебной геодезической практике: учеб. пособие / В. В. Пономаренко [и др.]. – Пенза: ПГУАС, 2013. – 216 с.
6. Передерин, В. М. Основы геодезии и топографии: учеб. пособие / В. М. Передерин, Н. В. Чухарева, Н. А. Антропова. – Томск: Изд-во ТПУ, 2005. – 127 с.
7. Геодезическая практика: учеб. пособие для вузов / Б. Ф. Азаров [и др.]. – 2-е изд., перераб. и доп. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2014. – 249 с.
8. Калинин, В. Г. Геодезия (работа на местности): учеб. пособие / В. Г. Калинин, Д. Г. Тюняткин, Т. Е. Плотникова. – Пермь: Прокрость, 2021. – 97 с.
9. Сорока, А. В. Учебная топографическая практика: учеб.-метод. рекомендации / А. В. Сорока, И. Н. Шарухо. – Могилев: МГУ имени А. А. Кулешова, 2020. – 76 с.
10. Анопин, В. Н. Топографические съемки, инженерно-геодезические изыскания и построения: метод. указания к учеб. геодез. практике [Электронный ресурс] / В. Н. Анопин. – 2018. – 43 с. – Режим доступа: https://vgasu.ru/attachments/topografichsemki_anopin.pdf. – Дата доступа: 07.02.2023.
11. Калинин, В. Г. Основы геодезии и топографии: учеб. пособие. В 2 ч. Ч. II. Практические аспекты / В. Г. Калинин, Д. Г. Тюняткин, К. Д. Микова. – Пермь: ПермГНИУ, 2018. – 82 с.
12. Шеховцов, Г. А. Инженерная геодезия: учеб.-метод. пособие / Г. А. Шеховцов, Р. П. Шеховцова. – Н. Новгород: ННГАСУ, 2016. – 45 с.

13. Анисимов, В. А. Инженерная геодезия: сб. лекций / В. А. Анисимов, С. В. Макарова. – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2009. – 150 с.
14. Шешукова, Л. В. Геодезия: метод. указания к выполнению курсовой работы / Л. В. Шешукова, Е. А. Колтович. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2012. – 120 с.
15. Геодезия. Полевые и камеральные работы: учеб. пособие / О. В. Сычугова [и др.]. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2022. – 93 с.
16. Чернявский, С. М. Учебно-полевая практика по инженерной геодезии: учеб. пособие / С. М. Чернявский. – Киров: Изд-во ВятГУ, 2011. – 149 с.
17. Основы геодезии и картографии: учеб. пособие / А. Т. Раймбекова [и др.]. – Астана: Кәсіпқор, 2018. – 121 с.
18. Основы инженерной геодезии: учеб. пособие / С. П. Войтенко [и др.]. – 2-е изд., перераб. и доп. – Одесса: ОГАСА, 2014. – 217 с.
19. Калачева, Н. А. Учебная практика по геодезии: учеб. пособие / Н. А. Калачева, О. А. Гугуева. – Ростов н/Д: ДонГТУ, 2018. – 123 с.
20. Синютина, Т. П. Методические указания по учебной геодезической практике / Т. П. Синютина. – Омск: СибАДИ, 2013. – 73 с.
21. Кобелькова, В. Н. Учебное пособие по дисциплинам «Инженерная геодезия» и «Геодезия и маркшейдерское дело» для студентов заочного факультета / В. Н. Кобелькова, Н. В. Рубцов, В. Н. Хонякин. – Магнитогорск: МагТГУ, 2008. – 139 с.
22. Ишбулатов, М. Г. Обработка материалов нивелирования по квадратам и проектирование горизонтальной площадки / М. Г. Ишбулатов, Ю. Н. Яковлева. – Уфа: БГАУ, 2011. – 12 с.
23. Яковлева, Ю. Н. Обработка результатов тахеометрической съемки: метод. указания / Ю. Н. Яковлева. – Уфа: БГАУ, 2012. – 16 с.
24. Дегтярев, А. М. Геодезия: учеб.-метод. комплекс. В 2 ч. Ч. 1 / А. М. Дегтярев. – 2-е изд., перераб. и доп. – Новополюк: ПГУ, 2010. – 364 с.
25. Хаметов, Т. И. Геодезические работы в строительстве: учеб. пособие / Т. И. Хаметов, В. В. Пономаренко. – Пенза: ПГУАС, 2015. – 104 с.
26. Резницкий, Ф. Е. Инженерная геодезия: учеб. пособие для студентов специальности 270204 «Строительство железных дорог, путь и путевое хозяйство» / Ф. Е. Резницкий. – Екатеринбург: Изд-во УрГУПС, 2008. – 131 с.
27. Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500. – М.: Картгеоцентр, 2004. – 286 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
1. СОДЕРЖАНИЕ И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРАКТИКИ. ПРАВИЛА ВНУТРЕННЕГО РАСПОРЯДКА	4
1.1. Содержание и организация практики	4
1.2. Правила внутреннего распорядка, обязанности бригадира и членов бригады	9
2. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОХОЖДЕНИИ УЧЕБНОЙ ПРАКТИКИ	11
3. ОСНОВНЫЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ И ИХ ПОВЕРКИ	14
3.1. Устройство теодолита	14
3.2. Устройство нивелира и нивелирных реек	26
3.3. Землемерные ленты, рулетки	40
4. ТОПОГРАФИЧЕСКАЯ СЪЕМКА ЧАСТИ ДЕНДРОПАРКА (ЗАСТРОЕННОЙ ТЕРРИТОРИИ)	45
4.1. Теодолитная съемка	46
4.2. Камеральная обработка результатов теодолитной съемки	59
4.3. Создание высотного обоснования части дендропарка (застроенной территории)	68
4.4. Тахеометрическая съемка части дендропарка	77
4.5. Составление топографического плана	91
5. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ НА АЛЛЕЕ САДОВО-ПАРКОВОЙ ТЕРРИТОРИИ	106
5.1. Подготовительные и полевые работы при нивелировании трассы	106
5.2. Вычислительная обработка результатов нивелирования трассы	115
5.3. Построение профиля трассы	116
6. НИВЕЛИРОВАНИЕ ПО КВАДРАТАМ И ВЕРТИКАЛЬНАЯ ПЛАНИРОВКА УЧАСТКА	124
6.1. Геодезические полевые работы	125
6.2. Топографический план	128
6.3. Расчеты при вертикальной планировке участка местности	129
7. РЕШЕНИЕ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ	137
7.1. Измерение высоты объектов геодезическим способом	137
7.2. Вынос на местность точки с заданной проектной высотой	138

7.3. Построение линии проектного уклона	140
7.4. Разбивка круговой кривой способом прямоугольных координат	142
7.5. Перенесение на местность контуров объекта	147
Приложение А. СПОСОБ ПЕРПЕНДИКУЛЯРОВ	150
Приложение Б. СПОСОБ УГЛОВЫХ ЗАСЕЧЕК	151
Приложение В. СПОСОБ ЛИНЕЙНЫХ ЗАСЕЧЕК.....	152
Приложение Г. ПРОДОЛЬНЫЙ ПРОФИЛЬ ЛЕСОПАРКОВОЙ АЛЛЕИ	153
Приложение Д. ТОПОГРАФИЧЕСКИЙ ПЛАН УЧАСТКА.....	154
ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ	156
ЛИТЕРАТУРА.....	157

Учебное издание

Сидельник Николай Ярославович
Севрук Павел Владимирович
Кравченко Ольга Валерьевна и др.

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДЕЗИЯ

Учебно-методическое пособие

Редактор *Т. Е. Самсанович*
Компьютерная верстка *Е. В. Ильченко*
Дизайн обложки *Е. А. Матейко*
Корректор *Т. Е. Самсанович*

Подписано в печать 19.10.2023. Формат 60×84¹/₁₆.
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать ризографическая.
Усл. печ. л. 9,3. Уч.-изд. л. 9,6.
Тираж 50 экз. Заказ .

Издатель и полиграфическое исполнение:
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.