

528(075)

В-62

**Инженерная
геодезия
в строительстве**

для вузов

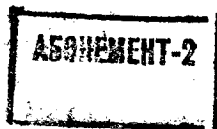
*издательство
Высшая
Школа*

1153 - 36

Инженерная геодезия в строительстве

Под ред. проф. *О. С. Разумова*

Допущено Министерством высшего
и среднего специального образования СССР
в качестве учебного пособия
для студентов строительных
специальностей вузов



МОСКВА
«ВЫСШАЯ ШКОЛА»
1984

328(015)
45-30

ББК 38.115

И62

УДК 528.4

О. С. Разумов, В. Г. Ладонников, Н. В. Ангелова, А. Г. Парамонов,
И. И. Ранов

Рецензенты:

кафедра Новосибирского инженерно-строительного института (зав. кафедрой проф. *Д. А. Кулешов*);
кафедра инженерной геодезии Куйбышевского инженерно-строительного института (зав. кафедрой проф. *И. Ф. Болгов*)

Инженерная геодезия в строительстве: Учеб. пособие для строит. спец. вузов./Разумов О. С., Ладонников В. Г., Ангелова Н. В. и др. Под ред. О. С. Разумова. — М.: Высш. шк., 1984. — 216 с., ил.

Авторы указаны на обороте тит. л.
В пер.: 80 к.

В пособии дан обзор геодезических работ, выполняемых на строительной площадке в процессе изысканий, проектирования, возведения и эксплуатации сооружений, описаны инструменты и методы инженерно-геодезических работ. Материал — справочного характера, в котором в алфавитном порядке приведены наиболее употребительные термины, понятия и определения, применяемые в инженерной геодезии.

И 1902010000—232
001(01)—84 99—84

ББК 38.115
6С1

**Олег Сергеевич Разумов, Владилен Георгиевич Ладонников,
Нинель Владимировна Ангелова, Александр Георгиевич Парамонов,
Игорь Иванович Ранов**

**ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДЕЗИЯ
В СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

Зав. редакцией **Н. И. Хрусталева**. Редактор **И. Е. Якушина**. Младший редактор **Л. Н. Шапунова**. Художественный редактор **В. И. Мешалкин**. Художник **В. М. Аладьев**. Технический редактор **Л. А. Григорчук**. Корректор **С. К. Завьялова**

ИБ № 3399

Изд. № Стд-353 Сдано в набор 26.12.83. Подп. в печать 30.03.84. Т-07332.
Формат 60×90/16. Бум. тип. № 2. Гарнитура литературная. Печать высокая.
Объем 13,5 усл. печ. л. 13,5 усл. кр.-отт. 15,01 уч.-изд. л. Тираж 31 000 экз.
Зак. № 16. Цена 80 коп.

Издательство «Высшая школа», 101430, Москва, ГСП-4, Неглинная ул., д. 29/14.
Московская типография № 8 Союзполиграфпрома
при Государственном комитете СССР
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли,
101898, Москва, Центр, Хохловский пер., 7.

© Издательство «Высшая школа», 1984



ПРЕДИСЛОВИЕ

Учебное пособие «Инженерная геодезия в строительстве» соответствует современной программе курса инженерной геодезии.

Среди общеобразовательных дисциплин, изучаемых на первом курсе, инженерная геодезия — первая специальная дисциплина. Она тесно связана с математикой и физикой: сведения из физики используют в геодезии при разработке конструкций геодезических инструментов, а сведения из математики — при решении геодезических задач и обработке результатов измерений.

В учебном пособии, написанном по плану профессоров В. А. Величко и П. С. Закатова, кратко изложены сведения по общим вопросам геодезии и по вопросам применения геодезических измерений в строительстве. Во введении дан краткий обзор инженерно-геодезических работ на строительной площадке.

Все статьи учебного пособия изложены в алфавитном порядке. Слова в скобках, стоящие рядом с названием статьи, обозначают менее распространенное название данного термина или определения.

При повторении название статьи приводится в сокращенном виде — начальными буквами слов, входящих в название. В статьях, связанных по своему содержанию, звездочкой отмечены ссылки на другие статьи, поясняющие или дополняющие изложенное понятие.

Авторы выражают глубокую признательность профессорам *И. Ф. Болгову* и *Д. А. Кулешову* за ценные замечания и советы, которые учтены при подготовке рукописи.

Все замечания и пожелания просим присылать по адресу: 101430, Москва, ГСП-4, Неглинная ул., д. 29/14, издательство «Высшая школа».

Авторы

ВВЕДЕНИЕ

На всех этапах строительного производства — в процессе изысканий, проектирования, возведения и эксплуатации сооружений — выполняют геодезические измерения и съемки. Строители стремятся к тому, чтобы каждое возводимое ими сооружение отвечало своему назначению, было долговечным и красивым, строилось в установленные сроки, при минимуме затрат труда, времени и денежных средств. Соблюдению этих условий в немалой степени способствуют правильно организованные и тщательно выполненные топографо-геодезические работы. Инженер-строитель должен четко знать содержание этих работ на строительной площадке, уметь пользоваться топографическими материалами и картами и самостоятельно выполнять отдельные виды работ.

Общие сведения об изысканиях и проектировании инженерных сооружений. Работы по комплексному изучению природных и экономических условий района предполагаемого строительства называют *изысканиями*, или *исследованиями*. Различают два вида изысканий — экономические и технические.

Экономические изыскания обычно предшествуют техническим и ставят своей целью определить экономическую целесообразность строительства сооружения в данном месте. В ходе этих изысканий собирают и анализируют материалы, характеризующие условия района предполагаемого строительства, обеспечивающие нормальное функционирование проектируемого объекта. Перечень материалов зависит от типа возводимого сооружения и определяется специальными инструкциями. Сбор экономических данных проводят в государственных учреждениях, министерствах, статистических управлениях, Советах народных депутатов и на отдельных предприятиях.

На основе экономических изысканий, учитывая перспективные государственные планы развития отдельных районов и отраслей народного хозяйства, заинтересованная организация (заказчик) выдает задание на проектирование. В задании определяются район и место предполагаемого строительства; основные параметры сооружения; источники снабжения его сырьем, топливом, электроэнергией, водой; транспортные связи и др. Получив такое задание, специализированная государственная организация (проектный институт) проводит дополнительные экономические и технические изыскания и на основе полученных материалов разрабатывает по этапам (стадиям) проект сооружения.

Технические изыскания подразделяют на инженерно-геодезические, инженерно-геологические, гидрологические, климатические и др. Вид технических изысканий и их содержание зависят от стадии проектирования. В настоящее время в СССР принята в основном двухстадийная система проектирования. На первой стадии составляют технический проект, на второй разрабатывают рабочие чертежи. На несложных объектах, где можно использовать типовые проекты сооружений, применяют одностадийное проектирование, в ходе которого решаются вопросы об основных технических параметрах сооружения, о привязке его к конкретному месту и т. д.

В техническом проекте определяется экономическая целесообразность и техническая возможность строительства сооружения в выбранном месте, сметная стоимость строительства и выясняется возможность использования типовых проектов отдельных сооружений. На первой стадии создается предварительный генеральный план возводимого объекта. На второй стадии проектирования окончательно разрабатывают и согласовывают генеральный план, создают проекты производства строительных работ (ППР) и производства геодезических работ (ППГР). Рабочие чертежи предназначены для непосредственного осуществления строительных и монтажных работ.

Для особо сложных и крупных объектов, имеющих важное народнохозяйственное значение, прежде чем составить технический проект, выполняют внестадийные работы по технико-экономическому обоснованию (ТЭО) намечаемого строительства.

Технический проект инженерного сооружения содержит ряд документов, которыми руководствуются при организации и проведении строительных работ. Проекты транспортных, промышленных и сельскохозяйственных объектов состоят из трех частей: экономической, технологической и строительной; проекты гражданских сооружений — из двух частей: экономической и строительной.

В экономической части проекта дается обоснование выбранному варианту сооружения, определяется его проектная мощность и сметная стоимость строительства. В технологической части описывается технология производства, вид предназначенного к использованию оборудования, степень механизации и автоматизации производственного процесса. В строительную часть входит генеральный план сооружения — крупномасштабный топографический план, на котором показывают размещение будущих сооружений и коммуникаций, план вертикальной планировки, проектные элементы трасс линейных сооружений и проект организации строительства (ПОС). Одновременно с этими документами разрабатывается строительный или совмещенный генеральный план, на котором кроме постоянных сооружений изображают временные здания и сооружения (необходимые на период строительных работ), размещение механизмов, строительных материалов и пр.

Перечисленные материалы создают на основе предварительно проведенных технических изысканий, среди которых важнейшая роль отводится инженерно-геодезическим изысканиям, выполняе-

мым по заранее составленной программе на всех стадиях проектирования для получения данных о топографических условиях района строительства. В их состав входит сбор и анализ материалов ранее выполненных геодезических и топографических работ на участке строительства, создание новых или сгущение существующих геодезических сетей, проведение крупномасштабных топографических съемок (или их обновление), трассировочные работы и работы по геодезическому обслуживанию других видов изысканий — инженерно-геологических, гидрологических и гидрогеологических.

В программе изысканий дается обоснование предполагаемых геодезических и съемочных работ. В ней приводится проект создания геодезической основы с расчетом ее точности и описанием методики измерений и очередности работ. Запланированные топографо-геодезические работы проводят с соблюдением норм и требований действующих инструкций и наставлений.

Объем и содержание инженерно-геодезических изысканий меняются в зависимости от стадии проектирования по принципу перехода от общего к частному. В соответствии с этим принципом постепенно повышаются требования к точности геодезической основы, детализации топографических съемок и их масштабам. Так, при проектировании объектов на незастроенной территории или на площадках с малоценной застройкой, подлежащей сносу, технический проект можно составлять на планах масштаба 1 : 2000—1 : 5000, а рабочие чертежи — на планах масштаба 1 : 500—1 : 1000. При проектировании объекта на застроенной территории с густой сетью коммуникаций технический проект составляют на планах масштаба 1 : 1000—1 : 2000 с сечением рельефа через 0,5—1,0 м, а рабочие чертежи — на планах масштаба 1 : 500 с сечением рельефа через 0,25—0,50 м.

Особенность топографической съемки, проводимой при изысканиях, — это требование аналитического определения координат углов опорных зданий и сооружений, центров колодцев подземных коммуникаций, углов поворота и примыкания путей сообщения и т. д. Помимо планово-высотной съемки выходов подземных коммуникаций производится обмер и обследование этих сооружений и составляются исполнительные чертежи.

Для удобства проектирования иногда необходимо использовать крупномасштабные планы, на которых должна обеспечиваться не столько точность, сколько наглядность изображения предметов местности. Такие планы можно получить путем увеличения оригиналов планов более мелкого масштаба (не более чем на одну масштабную ступень) фотографическим методом или методом пантографирования; или же в результате полевых работ пониженной точности, регламентируемой требованиями более мелкой масштабной ступени.

Основной метод топографических съемок, выполняемых при изысканиях, — аэрофотосъемка, в горной местности — наземная фото-теодолитная съемка. Мензульную, тахеометрическую и теодолитную съемки проводят, как правило, лишь на небольших участках или

в тех случаях, когда применение крупномасштабной аэрофото-съемки затруднительно и она не дает надежных результатов (например, на застроенных или закрытых территориях).

При полевых изысканиях сооружений линейного типа (путей сообщения, линий связи, подземных коммуникаций) задача сводится к определению на местности выгоднейшего варианта трассы проектируемого сооружения. В программу геодезических работ включают: составление предварительного проекта трассы (или сети коммуникаций) по карте или плану; полевое обследование трассы и согласование проекта, с землепользователями; укладку выбранной трассы на местности; топографическую съемку полосы трассы в масштабах 1 : 2000—1 : 5000; геометрическое нивелирование закрепленных точек трассы. Результатами проведенных изысканий являются топографический план, продольный и поперечный профили трассы.

Инженерно-геодезическое проектирование. Инженерно-геодезическим проектированием называют решение ряда геометрических задач по размещению будущих сооружений на местности и благоустройству территории, т. е. решение задач по горизонтальной и вертикальной планировке строительной площадки.

При решении задач по горизонтальной планировке составляют проект размещения всех зданий и сооружений, укладки транспортных и иных коммуникаций. С этой целью вначале на плане проектируют систему линий регулирования застройки, за которую не должно выходить ни одно из возводимых зданий, а при проектировании жилых массивов — систему красных линий, отделяющих территории кварталов от улиц и проездов. Положение красных линий определяется координатами узловых точек, дирекционными углами направлений и расстояниями между точками. Эти линии рассчитывают аналитическим методом, если исходными данными служат координаты углов опорных зданий и сооружений, положение которых в процессе планировки остается неизменным. При отсутствии опорных сооружений расчет можно выполнять графо-аналитическим методом. В этом случае координаты главных (узловых) точек системы берут графически с плана и аналитически определяют параметры всей системы линий при заданных размерах отдельных кварталов.

Расчеты по горизонтальной планировке выполняют путем решения прямых и обратных геодезических задач. После этого составляют детальный проект размещения отдельных сооружений.

При проектировании крупного комплекса сооружений на незастроенной территории весьма удобно использовать условную систему плоских прямоугольных координат, оси абсцисс и ординат которой располагают параллельно главным осям будущих сооружений или красным линиям. В этом случае расчеты значительно упрощаются, а саму систему условных координат можно перенести и закрепить на местности в подготовительный период строительства в форме строительной сетки. Она представляет собой систему прямоугольников и квадратов, вершины которых будут закреплены на местности постоянными знаками, а их положение определено с вы-

сокой степенью точности. С помощью строительной сетки запроектированные сооружения в ходе разбивочных работ наиболее просто и легко переносятся на местность.

Предварительный расчет линий строительной сетки выполняют аналогично расчету красных линий. Геодезические расчеты проводят и при составлении проекта по вертикальной планировке, в ходе которых составляют проект преобразования и благоустройства существующих форм рельефа, намечают положение запроектированных сооружений по высоте, вычисляют объемы предполагаемых земляных работ; составляют картограмму земляных работ, на которой показывают проектные (красные) и рабочие отметки, линии нулевых работ и значения объемов насыпей и выемок. Исходным материалом для составления проекта служат крупномасштабные планы и профили, составленные на территорию строительства.

Вертикальная планировка всегда предшествует возведению инженерных сооружений. Ее проводят в едином комплексе с другими мероприятиями по инженерной подготовке территории.

Определенный объем работ по инженерно-геодезическому проектированию выполняют при составлении проектов трасс линейных сооружений: определяют положение трассы в плане и по высоте, намечают места расположения отдельных сооружений трассы и вычисляют объемы земляных работ.

Широкие перспективы по автоматизации проектных работ при выборе выгоднейших направлений трасс, расчету проектных линий и вычислению объемов земляных работ открывает применение так называемых цифровых моделей рельефа местности и использование современной вычислительной техники.

Геодезические разбивочные работы. Совокупность геодезических работ на местности по переносу проекта сооружения в натуру называют *разбивкой сооружения*. По своему содержанию и методам разбивочные работы противоположны съемочным и точнее их. Заданная точность разбивки обычно достигается приближениями.

Перед разбивкой каждого сооружения на местности составляют разбивочный чертеж, на котором показывают геометрические элементы привязки возводимого сооружения к пунктам и линиям геодезической сети, строительной сетки или к существующим капитальным зданиям или сооружениям.

Одновременно с подготовкой разбивочных чертежей составляют проект производства геодезических работ (ППГР), который увязывают с проектом организации строительных работ. В ППГР описывают методику предполагаемых разбивочных работ, их точность и очередность выполнения.

Для подготовки разбивочных чертежей используют: генеральный план сооружений и строительный генеральный план; рабочие чертежи возводимых сооружений с планами расположения осей сооружений — главных, основных и промежуточных; проект вертикальной планировки строительной площадки; планы и профили подземных коммуникаций.

При составлении разбивочных чертежей для переноса в натуру главных осей сооружения используют графический, графо-аналитический и аналитический методы.

Графический метод можно применять только при наличии крупномасштабного плана района строительства и непосредственно с этого плана снимать все геометрические элементы разбивочного чертежа. Наиболее точные результаты дает аналитический метод, при котором по известным координатам исходных и проектируемых точек вычисляют элементы геометрической привязки сооружения. Оперативным методом подготовки чертежей является графо-аналитический метод, при котором часть необходимых данных снимают графически с планов, а другую часть рассчитывают аналитически.

Разбивку сооружения на местности производят в два-три этапа. На первом этапе переносят в натуру главные оси сооружения и тем самым определяют общее положение контура сооружения на местности. На втором этапе выполняют детальную разбивку относительно главных осей, перенося в натуру вспомогательные оси. После закладки фундаментов наступает третий этап — разбивка монтажных осей.

Точность разбивочных работ повышается от этапа к этапу. На первом этапе для вписывания общих контуров сооружения достаточна точность в пределах нескольких сантиметров. На втором и третьем этапах детальная разбивка должна выполняться с более высокой точностью. Это обусловлено тем, что сооружение обычно возводят индустриальными методами из заранее изготовленных сборных деталей. Геодезическая разбивка должна обеспечить полную сборность сооружения, т. е. строгое сопряжение всех его частей в соответствии с геометрической схемой.

Разбивку сооружений по высоте выполняют в два этапа. Предварительные работы заключаются в установке вблизи сооружения рабочих нивелирных знаков (строительных реперов) и нахождении их отметок. Детальную разбивку сооружения ведут от строительных реперов. Ее можно выполнять в условной системе высот. Например, при возведении жилых зданий за строительный нуль принимают отметку чистого пола первого этажа здания. Если строительный нуль закреплен на местности специальным знаком, то последующую детальную разбивку выполняют относительно этой точки. Нормы точности разбивочных работ регламентируются строительными нормами и правилами (СНИП), которые утверждает Госкомитет по строительству (Госстрой СССР).

Выполняя разбивочные работы, инженер-строитель должен уметь выносить на местность вычисленные значения отрезков прямых, горизонтальные углы, проектные отметки точек, задавать линии и плоскости с проектным уклоном, переносить на дно котлована и монтажные горизонты оси сооружения и высотные отметки.

Геодезические работы при возведении сооружений. При строительстве зданий и сооружений различают три цикла работ: подготовительный, нулевой и надземный.

В подготовительном цикле проводят инженерную подготовку территории строительства — делают планировку и расчистку участков, устраивают водостоки, сооружают дороги, временные ограждения, строят временные вспомогательные сооружения, проводят первоначальные разбивочные работы.

В нулевой цикл входят разработка котлованов и траншей, установка подкрановых путей, монтаж кранов, возведение фундаментов и стен подвального этажа, монтаж подвального перекрытия, устройство полов и лестниц в подвале, т. е. комплекс работ по сооружению части здания до первого этажа.

В надземный цикл входят возведение наружных и внутренних стен здания, установка колонн, ригелей и других строительных конструкций, монтаж перекрытий, установка кровли и т. п. На всех этапах возведения сооружения строительные работы сопровождаются контрольными геодезическими измерениями.

В подготовительный период строительства, после выноса и закрепления осей сооружения, на местности разбивают контур котлована и за его пределами возводят сплошную или секционную обноску (ее можно не возводить при строительстве типовых зданий с несущими колоннами, если ось каждого ряда колонн закреплена створными знаками). На обноске фиксируют оси сооружения, и в дальнейшем она служит для детальных разбивок. По окончании этих работ составляют исполнительный чертеж закрепления осей, на котором показывают взаимное расположение осей со всеми размерами, знаки закрепления и исходные пункты, использованные при разбивке.

В процессе производства земляных работ геодезическими методами осуществляется контроль за выемкой грунта и зачисткой котлована или траншеи до заданной проектной отметки. Одновременно вблизи котлована делают геодезические разбивки для установки подкрановых путей, контролируют укладку шпал, рельсов, а затем горизонтальность и прямолинейность рельсовых путей.

При возведении фундаментов геодезические работы состоят в переносе на дно котлована осей сооружения, контроле за установкой опалубки или фундаментных блоков в плане и по высоте, составлении исполнительных чертежей заложенных фундаментов. После завершения работ нулевого цикла на наружную грань стен выносят отметку «строительного нуля» и разбивочные оси, которые называют *базовыми*. При возведении стен здания периодически проверяют их отвесность, на каждый монтажный горизонт переносят оси сооружения и отметки, контролируют укладку сборных деталей.

Весьма ответственную работу проводят при установке колонн. Здесь геодезический контроль осуществляют, начиная с установки фундаментов под колонны и до момента их окончательной сборки.

Исполнительные съемки. В процессе строительства по окончании работ каждого цикла или монтажа очередного яруса сооружения проводят исполнительную съемку и составляют исполнительные чертежи.

Особенность исполнительных съемок — их повышенная точность по сравнению с обычными топографическими съемками. Для графического изображения результатов съемки используют крупные масштабы (1 : 100—1 : 500) или внemasштабные исполнительные схемы, на которых вычерчивают детали сооружения с указанием их размеров, полученных при съемке. На чертежах отмечают проектные и фактические данные, характеризующие положения отдельных деталей сооружения, которые подлежат исправлению или должны учитываться при возведении последующих ярусов (этажей).

Особо ответственные работы при съемке подземных коммуникаций, которые должны быть выполнены до засыпки траншей. В этом случае съемке подлежат углы поворота подземных сетей, элементы кривых, колодцы, камеры, места присоединений трубопроводов и другие характерные точки подземного сооружения. Исполнительный чертеж такой съемки обычно включает в себя: план трассы; продольный профиль по оси сооружения с показом высотных отметок; планы и разрезы колодцев, камер и других устройств; каталог координат выходов и углов поворота подземных сетей.

После окончания строительства всего объекта, проведения планировки и благоустройства территории выполняют исполнительную съемку с целью составления исполнительного генерального плана сооружения в том же масштабе, в котором составлялся генеральный план. На такой план наносят все сооружения, дорожную сеть, коммуникации и рельеф. Для лучшей читаемости исполнительный генеральный план составляют в цветных условных знаках. Планы подземных коммуникаций можно составлять отдельно с показом на них всей сети трубопроводов и отдельных, наиболее важных контуров местности.

Геодезические наблюдения за деформациями инженерных сооружений. В процессе строительства и после возведения крупных и ответственных инженерных сооружений организуют наблюдения за стабильностью их положения в плане и по высоте. Под воздействием веса строящегося сооружения и в зависимости от характера и вида подстилающих грунтов могут произойти неравномерная осадка и сдвиг сооружения, которые приведут к нежелательным последствиям.

Для определения деформаций сооружения организуют периодические наблюдения за их положением. Получаемые числовые характеристики вместе с характеристиками грунтовых условий, интенсивностью осадков и другими данными дают возможность установить закономерность возникающих деформаций и разработать мероприятия по предотвращению возможных катастрофических последствий.

Для наблюдения за осадками сооружений обычно применяют метод высокоточного геометрического нивелирования. С этой целью в тело сооружения закладывают специальные осадочные марки, которые периодически нивелируют, опираясь на фундаментальные реперы, расположенные вне зоны возможных осадок. В отдельных случаях для наблюдений за осадками особо ответственных сооруже-

ний применяют автоматизированные методы гидростатического или гидродинамического нивелирования.

Для определения сдвигов сооружений в горизонтальной плоскости широко применяют створный метод наблюдений, в котором смещения отдельных точек сооружения измеряют относительно опорной линии створа, закрепленного двумя точками вне зоны ожидаемых деформаций. Такие работы обязательно проводят на плотинах гидротехнических сооружений. В триангуляционной сети, построенной на этих объектах, используют метод повторных наблюдений.

Перечисленные методы применимы для изучения медленно изменяющихся деформаций. Для определения мгновенных деформаций или колебаний отдельных сооружений и их элементов под воздействием динамических нагрузок используют метод фототеодолитной съемки или киносъемки; для определения колебаний и крена сооружений башенного типа — высокоточные угловые измерения или лучевые приборы вертикального проектирования.

Перспективы развития инженерно-геодезических работ в строительстве. Основными задачами капитального строительства, определенными XXVI съездом КПСС, являются наращивание производственного потенциала страны на новой технической основе, сооружение жилищ и объектов коммунально-бытового и социально-культурного назначения. Современный уровень развития капитального строительства в СССР характеризуется новыми формами организации труда и механизации строительных работ. Важной задачей строительного производства остается повышение качества проектных и строительно-монтажных работ. Системный подход требует дальнейшего совершенствования геодезической подготовки инженеров-строителей.

Как видно из предыдущего, геодезические работы являются составной частью организационно-технологического процесса возведения зданий и сооружений.

В современном капитальном строительстве возведение зданий и инженерных сооружений выполняется в основном из сборных элементов. Для обеспечения полной сборности зданий необходимо предварительно рассчитывать точность строительно-монтажных и геодезических работ, применяя теорию погрешностей измерений, теорию вероятностей и математической статистики.

Если в недавнем прошлом геодезические работы при возведении сооружений позволяли главным образом осуществлять контроль выполненных работ, то в настоящее время с внедрением в производство лазерных геодезических приборов появилась возможность управлять точностью строительно-монтажных работ уже в ходе их выполнения. Например, видимая линия или плоскость, создаваемые лазерным лучом, могут служить опорой при возведении сооружений.

Своевременно проведенный геодезический контроль строительных работ — необходимое условие повышения качества строительства. Никогда не потеряет своего значения и своевременно проведенная исполнительная съемка.

Широкие перспективы в работах по наблюдению за состоянием инженерных сооружений открываются с развитием автоматизированных средств измерений, основанных на применении лазерной техники, гидростатического и гидродинамического нивелирования.

Инженер-строитель обязан быстро ориентироваться в изменяющихся условиях технической оснащённости производства и уметь выбирать оптимальные варианты для решения поставленных перед ним задач.

В данном учебном пособии приведены общие сведения по геодезии и по применению геодезических методов в строительстве. Тематически-алфавитный порядок изложения материала в пособии позволит студентам быстро отыскать необходимую им справку.

* * *

АБЕРРАЦИЯ СФЕРИЧЕСКАЯ — недостаток оптического изображения, получающийся вследствие того, что центральные и периферийные лучи, входящие в оптическую систему под одинаковым углом к ее оси, собираются в точки на разном удалении от заднего фокуса, вследствие чего получается кружок рассеяния диаметром d .

АБЕРРАЦИЯ ХРОМАТИЧЕСКАЯ — искажение изображения, создаваемого оптической системой: луч монохроматического света после прохождения оптической системы разлагается на отдельные спектральные лучи, вследствие чего появляется цветная окраска контуров изображения, ухудшающая его качество.

Различают А.х. положения и увеличения. Обычно исправление А.х. достигается комбинацией положительной и отрицательной линз, изготовленных из стекла с различной дисперсией. Оптические системы с исправленной А.х. для двух цветов называют *ахроматами*, для трех или более — *апохроматами*.

АБРИС — схематический чертеж участка местности, на котором нанесены элементы ситуации и рельефа.

А. тахеометрической съемки (рис. 1, а) — чертеж, на который наносят положение станций (I—III) и реечных точек (1—20) с обозначением их номеров. Стрелками соединяют соседние точки, если уклон по этим направлениям однородный. Таким образом выявляется скелет рельефа. Опытный исполнитель может показывать рельеф с помощью схематических горизонталей.

А. горизонтальной съемки (рис. 1, б) — чертеж, на котором показывают взаимное расположение опорных пунктов (4, 5), линий и снимаемых объектов, а также результаты измерений (на рисунке даны произвольно в качестве примера).

АГАТ — минерал, полудрагоценный камень. По химическому составу представляет собой двуокись кремния SiO_2 и является разновидностью халцедона. Применение агата в геодезическом приборостроении основано на его относительно высокой твердости и вязкости. Из агата изготовляют призмы для подвески чувствительных элементов геодезических приборов, подпятники для осей.

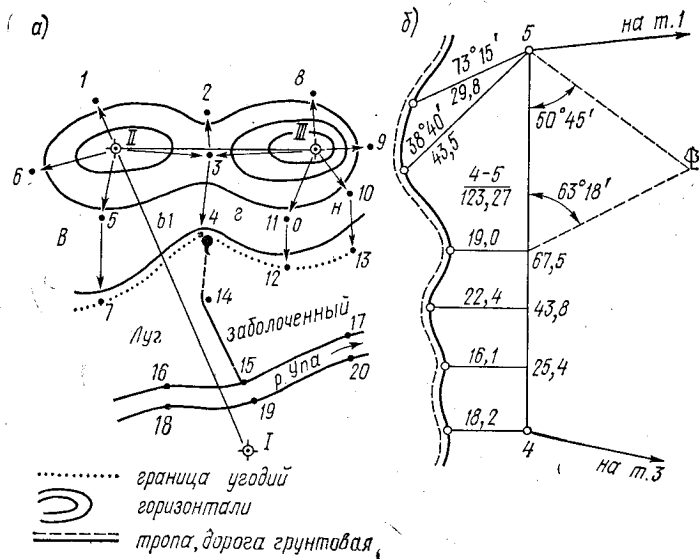


Рис. 1. Абрис тахеометрической (а) и горизонтальной (б) съемок

АЗИМУТ АСТРОНОМИЧЕСКИЙ — горизонтальный угол A (рис. 2, а), отсчитанный от северного направления N астрономи-

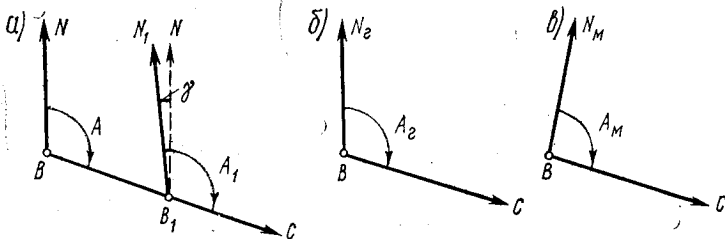


Рис. 2. Азимуты астрономический (а), геодезический (б) и магнитный (в)

ческого меридиана в точке B по движению часовой стрелки до заданного направления линии. A . а. может принимать значения от 0 до 360° .

A . а. одной и той же линии в разных ее точках различен, так как меридианы непараллельны. В точке B_1 A . а. отсчитывается от направления N_1 и отличается от A . а. в точке B на величину γ сближения меридианов * этих точек, т. е. $A_1 = A + \gamma$. A . а. можно определить на местности из астрономических наблюдений или при помощи гирокопического теодолита *.

АЗИМУТ ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ — горизонтальный угол (рис. 2, б), отсчитанный по ходу часовой стрелки от северного направления N_r геодезического меридиана точки B до заданного направления C линии. А.г. определяет направление линии местности на поверхности референц-эллипсоида *. Его можно получить путем передачи азимутов по сторонам геодезической сети от исходного А.г. в начальной точке сети или путем введения в астрономический азимут поправки Лапласа. При зенитных расстояниях * линии, близких к 90° , $A_r = A + (L - \lambda) \sin \varphi$, где L и λ — геодезическая и астрономическая долгота точки, в которой определяется азимут; φ — астрономическая широта этой точки.

АЗИМУТ МАГНИТНЫЙ — горизонтальный угол A_m (рис. 2, в), отсчитанный по ходу часовой стрелки от северного направления N_m магнитного меридиана (оси магнитной стрелки) в данной точке B до заданного направления C . А.м. может принимать значения от 0 до 360° ; измеряется на местности при помощи буссоли (компаса). Связь между А.а. и А.м. одной и той же линии выражается формулой $A = A_m + \delta$, где δ — склонение магнитной стрелки *.

АЗИМУТ ПРЯМОЙ И ОБРАТНЫЙ. Для каждой линии местности принято различать прямое и обратное направление. Принимая условно направление линии BC (рис. 3, а) как прямое, а направление CB как обратное, в точке M этой линии угол A — азимут прямой, а угол A' — азимут обратный: $A' = A \pm 180^\circ$. В точках B и C той же линии местности А.п. и А.о. отличаются на величину $180^\circ + \gamma$ (рис. 3, б), т. е. $A' = A \pm 180^\circ + \gamma$.

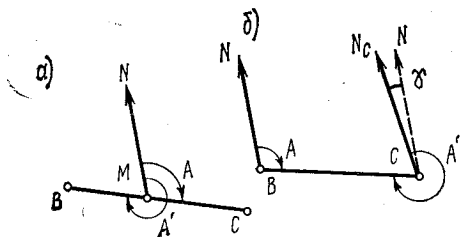


Рис. 3. Азимут прямой и обратный:
а — в точке M линии BC ; б — в конечных точках
линии BC

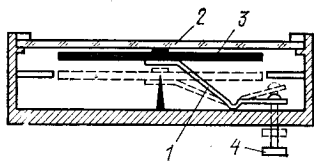


Рис. 4. Арретир буссоли

АЗИМУТНЫЙ ПУНКТ — точка, закрепленная на местности постоянным знаком, где выполнены астрономические определения азимута. Для отыскания этой точки составляют схематический чертеж (абрис), на котором обозначают место расположения А.п. и подписывают расстояния от этого пункта до наиболее приметных предметов местности.

АККОМОДАЦИЯ ГЛАЗА — приспособленность глаза к отчетливому видению предметов, различно удаленных от него. Отчетливое изображение предметов получается за счет изменения кривизны поверхности хрусталика глаза.

АЛГОРИТМ — запланированная последовательность математических операций при решении некоторой типовой задачи.

АЛИДАДА ГОРИЗОНТАЛЬНОГО КРУГА — часть горизонтального круга теодолита, концентрически связанная с лимбом и вращающаяся вокруг вертикальной оси, проходящей через центр лимба. А.г.к. имеет одно или два отсчетных устройства. Сверху алидада прикрыта металлическим кожухом, на котором укреплены подставки зрительной трубы и уровень для приведения оси вращения прибора в отвесное положение.

АНОМАЛИЯ МАГНИТНАЯ — отклонение наблюдаемых элементов земного магнетизма (магнитного склонения, наклона и др.) от нормальных значений этих элементов, которые наблюдались бы при однородном намагничивании земного шара в направлении оси вращения Земли или под некоторым углом к ней. Ряд А.м. объясняется залеганием пород с железной рудой. А.м. на территории СССР: Курская, Криворожская, Хибинская и др. Самая крупная из них Курская, где в некоторых районах магнитное склонение изменяется на $130-170^\circ$ на расстоянии 1—2 км.

АНОМАЛИЯ СИЛЫ ТЯЖЕСТИ В НЕКОТОРОЙ ТОЧКЕ ЗЕМЛИ — разность между измеренным значением силы тяжести g и нормальным ее значением γ_0 , полученным на основании принятой гипотезы о строении Земли. Наблюдаемое значение силы тяжести обычно приводят к уровню моря путем введения поправки за высоту точки наблюдения. Теоретическое значение вычисляют для той же точки, отнесенной к уровенному эллипсоиду. Для эллипсоидальной формы Земли с равномерным распределением масс относительно ее центра и осей нормальное значение силы тяжести γ_0 на широте φ определяется формулой Клеро. С принятыми в СССР значениями постоянных нормальное значение силы тяжести $\gamma_0 = 978,030(1 + 0,005302 \sin^2 \varphi)$ Гал.

АРРЕТИР — устройство для закрепления чувствительного элемента прибора с целью предохранения его от повреждений при транспортировке. А. буссоли (рис. 4) представляет собой рычаг 1, зажимающий магнитную стрелку 3 к стеклу 2. Для приведения буссоли в рабочее состояние необходимо отпустить арретирный винт 4.

АСТРОНОМИЯ — наука о строении и развитии космических тел, их систем и Вселенной в целом. Практическая (геодезическая) А. изучает вопросы определения координат звезд, времени, а также широты, долготы и азимута в точках земной поверхности. При решении геодезических задач координаты Светил на момент наблюдений полагают известными (их выбирают из астрономических каталогов), а измеренными величинами являются моменты наблюдений, зенитные расстояния Светил и горизонтальные углы между Светилами и земным предметом.

АСТРОНОМИЧЕСКИЙ ЕЖЕГОДНИК — ежегодное издание Института теоретической астрономии АН СССР. В А.е. публикуют

сферические экваториальные координаты видимого положения Солнца, Луны, планет Солнечной системы и около 750 звезд на определенные моменты времени (для широт $30-70^\circ$); таблицы высот и азимутов Полярной звезды, уравнение времени, звездное время и др. В конце А.е. помещено руководство к пользованию им.

АЭРОРАДИОНИВЕЛИРОВАНИЕ — способ определения высот H_{Ni} точек местности при аэрофотосъемке (рис. 5); выполняют путем измерения радиовысотомером высот H_{Si} полета в моменты экс-

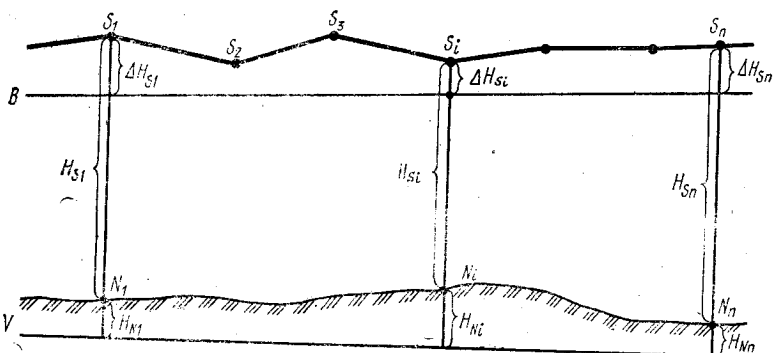


Рис. 5. Схема аэрорадионивелирования

позиции каждого снимка и статоскопом изменений ΔH_{Si} высоты полета относительно исходной изобарической поверхности B .

Для определения H_{Ni} необходимо знать отметку точки H_{N1} в начале маршрута. Тогда $H_{Ni} = H_{N1} + H_{S1} - \Delta H_{S1} + \Delta H_{Si} - H_{Si}$.

Предполагается, что изобарическая поверхность B параллельна уровенной поверхности V . Для контроля измерений определяют отметку опорной точки в конце маршрута. Полученную невязку распределяют между найденными высотами точек пропорционально их удалению от начальной точки маршрута.

АЭРОФОТОАППАРАТ (АФА) — фотографическая камера, предназначенная для получения аэрофотоснимков * местности. При фотографировании необходима полная автоматизация работ, большой запас фотоматериала (пленки), быстрота смены кадров, значительный формат кадра. Современные А. имеют углы поля зрения до 120° , фокусные расстояния $50-3000$ мм, размер кадров от 60×60 до 500×500 мм. Основные части АФА: аэрофотокамера со сменными объективами и кассетой, вмещающей $60-120$ м пленки шириной 19 см; гиросtabilизирующая амортизационная установка для укрепления АФА и поглощения вибрации летательного аппарата; командный прибор, автоматически управляющий работой механизмов. Запаса пленки в кассете достаточно для получения $300-560$ снимков.

АЭРОФОТОСНИМОК — фотографическое изображение участка местности, полученное с летательного аппарата. А. представляет собой центральную проекцию, центром которой служит задняя узловая точка объектива аэрофотоаппарата (АФА). Различают А. горизонтальный, плановый и перспективный.

А. горизонтальный получают при отвесном положении оптической оси АФА. Для плоской местности масштаб $1/M$ горизонтального снимка постоянен и определяется отношением $1/M = f/H$, где f — фокусное расстояние объектива; H — высота полета.

А. плановый получают при отклонении оптической оси АФА от отвесной линии, не превышающем установленного значения (до 3°). Масштаб А.п. примерно равен масштабу А.г.

А. перспективный получают при отклонении оптической оси АФА от отвесной линии, превышающем установленное значение. Масштаб А. перспективного в разных частях различен и пользоваться им в измерительных целях без применения фотограмметрических приборов нельзя.

АЭРОФОТОСЪЕМКА — процесс получения фотографического изображения местности с летательного аппарата. По виду аэроснимков различают А. плановую и перспективную, а по характеру залета — одинарную, маршрутную и площадную.

А. плановую применяют при аэрофототопографической съемке, выполняют при заданном отвесном положении оптической оси камеры АФА (допускаются отклонения до 3°). А. одинарную применяют при фотографировании отдельных объектов. А. маршрутную выполняют вдоль заданного маршрута (рис. 6, а). А. площадную производят параллельными перекрывающимися маршрутами (рис. 6, б).

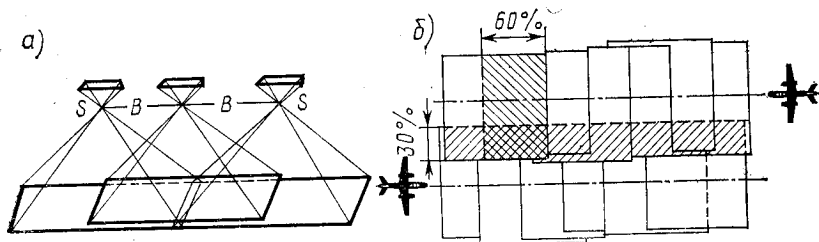


Рис. 6. Аэрофотосъемки:

а — маршрутная; б — площадная; S — центр проекции; B — базис

Стандартная величина продольного перекрытия А.м. — 60%, поперечного перекрытия двух маршрутов — 30%. Перекрытие снимков обеспечивает связь между ними и дает возможность создать стереоскопическую модель местности по двум последовательным снимкам, образующим стереопару. По материалам А. можно получить отдельный снимок местности, фотосхему* и фотоплан*.

АЭРОФОТОТОПОГРАФИЯ — научная дисциплина, изучающая методы создания топографических карт и планов с использованием материалов аэрофотосъемки.

БАЗА ДАЛЬНОМЕРА — основание параллактического треугольника, из решения которого в дальномерах оптических определяют искомое расстояние.

Б.д. оптических может располагаться либо у цели, до которой измеряют расстояние, либо у прибора (внутрибазные дальномеры). Б. у цели — дальномерная рейка длиной 2—3 м. Б. у прибора — металлическая линейка размером 70—80 см. Для нитяного дальномера базой служит переносная рейка с шашечными или штриховыми делениями. Расстояние в нитяном дальномере определяют по числу делений рейки, видимых в зрительную трубу между дальномерными штрихами сетки нитей.

БАЗИС ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ — расстояние, измеряемое с высокой точностью между двумя закрепленными точками земной поверхности и спроектированное на поверхность относимости. Его измеряют инварными проволоками или радио- и светодальномерами (в геодезических сетях 1-го класса с относительной погрешностью менее 10^{-6}).

Б.г. служит для определения длин сторон геодезической сети триангуляции*. Со сторонами сети Б.г. связывается системой треугольников, составляющих базисную сеть. В современной практике вместо Б.г. непосредственно измеряют отдельные стороны триангуляции, называемые *базисными*. Точность этих измерений характеризуется относительными погрешностями 1 : 400 000 (в сети 1-го класса) и 1 : 300 000 (в сети 2-го класса).

БАЗИС ФОТОГРАФИРОВАНИЯ — расстояние между центрами проекции двух последовательных снимков одного маршрута (Б.ф. продольный) или параллельных маршрутов (Б. ф. поперечный).

БАЗИСНЫЕ ТОЧКИ — конечные точки геодезического базиса, закрепленные на местности постоянными центрами.

БАРИЧЕСКАЯ СТУПЕНЬ — превышение, на которое надо подняться или опуститься в данной точке, чтобы атмосферное давление изменилось на 1 мм рт. ст. Б.с. изменяется с изменением давления, влажности и температуры воздуха.

В среднем Б.с. равна $\sim 11,5$ м на высоте до 500 м над уровнем моря и $\sim 12,0$ м на высоте 500—1000 м. Обычно значения Б.с. выбирают из таблиц для барометрического нивелирования по аргументам давления и температуры. Для определения превышения между двумя точками необходимо в них измерить атмосферное давление p_1 и p_2 и температуру воздуха t_1 и t_2 . Затем из таблиц по аргументам $p_{cp} = (p_1 + p_2) / 2$; $t_{cp} = (t_1 + t_2) / 2$ находят барическую ступень ΔH . Превышение между точками $h = \Delta H (p_1 - p_2)$.

БАРОМЕТР — прибор для измерения атмосферного давления. Различают барометр-анероид, дифференциальный и ртутный барометры.

Б. анероид имеет металлическую коробку с гофрированной крышкой — мембраной M (рис. 7, а), из которой откачан воздух. От сжатия мембрану удерживает пружина D . С изменением давления изменяется форма мембраны. Через систему рычагов эти

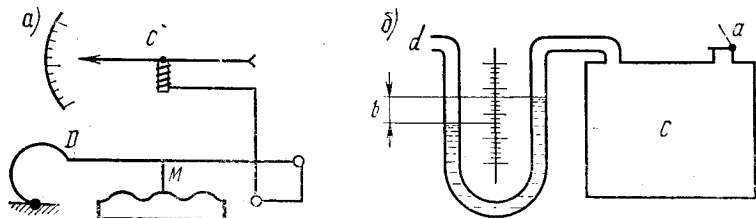


Рис. 7. Схемы барометра-анероида (а) и дифференциального барометра (б)

изменения передаются на стрелку C , заставляя ее поворачиваться. Внутри барометра имеется термометр для измерения температуры прибора.

При переходе от показаний анероида A к показаниям ртутного барометра B применяют формулу $B=A+a+bt+c$ ($760-A$), где a — поправка за смещение нуля шкалы анероида за время выполнения работ; bt — поправка за изменение температуры (b — постоянная поправка, t — температура барометра); c — поправка за нелинейность шкалы.

Величины поправок определяют путем сравнения показаний анероида с эталонным барометром, обычно ртутным.

Б. дифференциальный предложен в 1874 г. *Д. И. Менделеевым*. Его применяют для определения разности атмосферного давления в двух точках. Б.д. состоит из сосуда C , сообщающегося с атмосферным воздухом (рис. 7, б) через отверстие a и соединенного с U-образной трубкой, наполненной жидкостью. Когда отверстия a и d открыты, жидкость в трубке устанавливается на одном уровне. Если отверстие a закрыть, то при изменении давления уровни жидкости в коленах трубки будут различными. Чувствительность прибора тем выше, чем меньше плотность жидкости. Шкала прибора проградуирована так, что отсчет b соответствует изменению давления, выраженному в мм рт. ст. Для учета влияния изменения температуры используют термометр.

Б. ртутный — чашечный, сифонный, комбинированный. Чашечный Б.р. имеет вертикально расположенную стеклянную трубку с запаянным верхним концом, нижний открытый конец которой помещен в чашку с ртутью. Ртуть в трубке уравнивается давлением воздуха. С изменением давления меняется высота столба ртути. Атмосферное давление измеряют высотой столба ртути в миллиметрах. Сифонный Б.р. представляет собой одну стеклянную трубку, нижний открытый конец которой имеет U-образную форму.

При определении давления в показания Б.р. необходимо вводить поправки: постоянную (для данного прибора) за температуру, за мениск (в Б.р. сифонных можно не учитывать), за ускорение свободного падения, за качество ртути.

В табл. 1 приведены характеристики некоторых приборов, выпускаемых отечественной промышленностью.

Таблица 1

Тип барометра (марка)	Пределы изменений атмосферного давления, мм рт. ст.	Точность отсчета, мм рт. ст.	Размеры прибора, мм	Масса прибора в футляре, кг
Барометр-анероид (БАММ)	600—800	0,5	170×100	1,5
Дифференциальный (МБНМ)	75	0,1	190×185×170	4
Дифференциальный (ОМБ-3)	80	0,02	170×125×305	3,8

БАССЕЙН РЕКИ — часть земной поверхности, с которой сток воды поступает в речную систему. Кроме поверхности водостока в Б.р. входит и подземный водосбор — толщи рыхлых отложений, из которых вода поступает в реку. Поверхностный водосток и подземный водосбор не совпадают, поэтому за Б.р. принимают в основном площадь поверхностного стока, границами которой являются *водоразделы* — линии на поверхности Земли, разделяющие сток атмосферных осадков (воды) по двум противоположным направлениям.

БИПРИЗМА — часть устройства для разделения поля зрения в дальномерах двойного изображения; представляет собой двойной оптический клин (рис. 8) с малым ($1-2^\circ$) преломляющим углом.

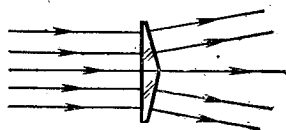


Рис. 8. Бипризма

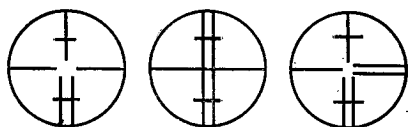


Рис. 9. Биссекторы сеток нитей геодезических приборов

БИСЕКТОР — составная часть сетки нитей зрительных труб геодезических приборов, позволяющий повысить точность визирования. Б. представляет собой две близкорасположенные параллельные нити (рис. 9). У точных астрономических теодолитов Б. делают подвижным и его перемещение фиксируется микрометром окулярным*.

БУССОЛЬ МАГНИТНАЯ — прибор для измерения на местности магнитных азимутов, или румбов. Основные части Б.: вращаю-

шаяся магнитная стрелка, кольцо с угловыми делениями (лимб) и диоптры для наведения на предмет. Отсчет азимутов или румбов производится по концу магнитной стрелки.

Теодолиты обычно комплектуются коробчатой ориентир-буссолью, на шкале которой имеются два штриха, обозначающие нулевой диаметр. Для измерения магнитных азимутов ориентир-буссоль устанавливают на теодолите. Ориентируют и закрепляют лимб теодолита так, чтобы при совмещении нулевых штрихов шкалы буссоли с концами стрелки отсчет по лимбу был равен нулю. После чего поворачивают алидаду в нужном направлении и находят магнитные азимуты этого направления, отсчитывая по горизонтальному кругу. Необходимым условием при этом является параллельность плоскости, проходящей через нулевой диаметр буссоли, и коллимационной плоскости.

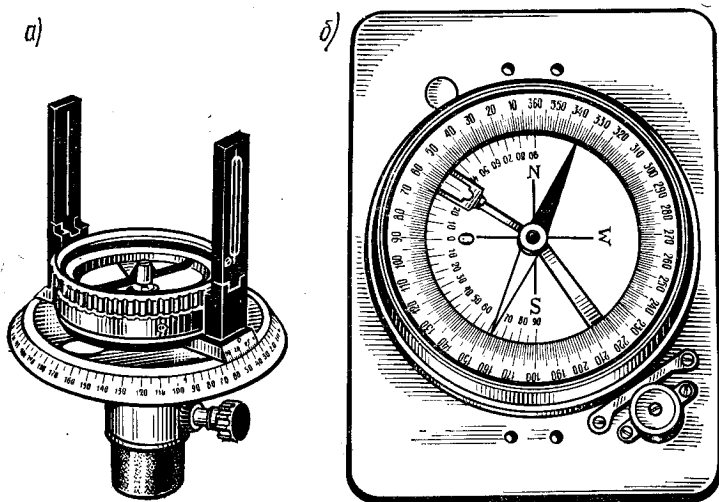


Рис. 10. Буссоль ручная (а) и горный компас (б)

БУССОЛЬНАЯ СЪЕМКА — один из видов полуинструментальной съемки. При Б.с. в поле рисуют абрис, в котором наряду с ситуацией указывают магнитные азимуты сторон линии хода, вдоль которой ведется съемка. Для определения магнитных азимутов применяют ручную буссоль (рис. 10, а) или горный компас (рис. 10, б).

ВАТЕРПАС — простейший прибор для проверки горизонтальности линии и измерения небольших углов наклона. В. состоит из линейки и отвеса, подвешиваемого над линейкой (рис. 11). Для установки В. в горизонтальное положение необходимо, чтобы конец отвеса совместился со штрихом линейки.

ВАТЕРПАСНАЯ РЕЙКА — состоит из горизонтальной рейки А длиной $d = 3 \div 4$ м с цилиндрическим уровнем 1 и рейки В, устанавливаемой вертикально при помощи прикрепленного к ней круглого уровня (рис. 12). Если ось цилиндрического уровня параллельна нижней поверхности рейки и пузырек находится в нуль-пункте, то отсчет по рейке В равен превышению h между точками М и N.

В.р. применяют для определения превышений h между точками и горизонтальных проложений d линий способом ватерпасовки*.

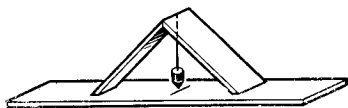


Рис. 11. Ватерпас

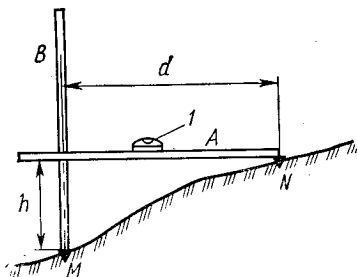


Рис. 12. Ватерпасная рейка

ВАТЕРПАСОВКА — один из способов непосредственного получения горизонтального положения при линейных измерениях на пересеченной местности. Рейку длиной $d=3$ м кладут на землю в точку N и, придав ей горизонтальное положение, опускают с другого конца отвес, который обозначит на местности точку M . Затем рейку кладут в точку M и тем же способом находят на местности точку K и т. д. Длина горизонтальной проекции всей линии будет равна сумме отложенных отрезков. Для установки рейки в горизонтальное положение используют ватерпас, либо уровень*.

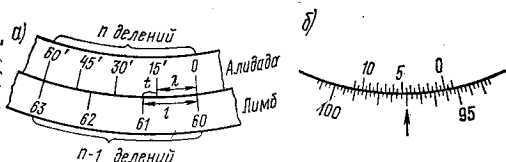


Рис. 13. Принципиальная схема (а) и устройство верньера (б)

ВЕРНЬЕР — устройство, предназначенное для повышения точности отсчета по шкалам измерительных приборов. В. представляет собой небольшую подвижную шкалу, состоящую из n равных делений, размер λ которых отличается от размера деления (цены деления l) основной неподвижной шкалы (лимба) на величину t , называемую *точностью В.* (рис. 13, а). Нулевой штрих O верньера считается его указателем. Точность $В.$ вычисляют по формуле $t = l/n$. Различают два вида В. — прямой и обратный.

В. прямой — устройство, в котором его шкала, состоящая из n делений, равна $n-1$ делений основной шкалы. Нумерация штрихов прямого В. идет в направлении счета делений основной шкалы.

В. обратный — устройство, в котором размер делений больше, чем на основной шкале, и нумерация штрихов идет в обратном направлении. В геодезической практике В.о. встречается редко.

Отсчет по В. вычисляют по формуле $A = A_0 + it$, где A_0 — отсчет по указателю В., состоящий из целого числа делений, прошедших от начала основной шкалы до указателя В.; i — номер штриха В., совпадающего с каким-либо делением лимба. В геодезических инструментах вместо порядкового номера штриха В. подписывают

произведение этих номеров на точность верньера. На рис. 13, б для В.п. с $t=0,5'$ отсчет $A=95^{\circ}30'+4,5'=95^{\circ}30'+(9 \cdot 0,5)'=95^{\circ}34,5'$.

ВЕРОЯТНОСТЬ СОБЫТИЯ — численная характеристика степени возможности появления какого-либо случайного события при определенных условиях, которое может повторяться неограниченное число раз. Если события равновозможны и несовместны, то численное значение В.с. равно отношению числа случаев M , «благоприятствующих» появлению данного события, к общему числу N других равновозможных событий, т. е. $P=M/N$. При большом, но ограниченном числе испытаний вероятность события $P \approx Q = k/n$, где Q — относительная частота появления данного события P в n испытаниях; k — число случаев появления данного события в n испытаниях.

ВЕРТИКАЛЬНЫЙ КРУГ — часть геодезического или астрономического прибора, служащая для измерения вертикальных углов (углов наклона). В.к. (рис. 14) состоит из лимба 1, вращающегося вместе со зрительной трубой 6, и алидады 2 с уровнем. Уровень служит для фиксирования горизонтального направления и приведения

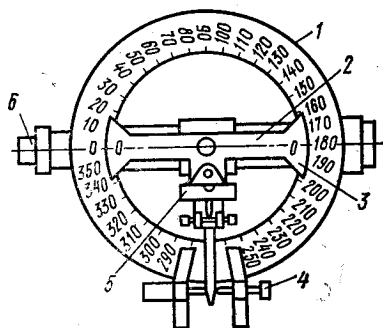


Рис. 14. Принципиальная схема вертикального круга теодолита:

1 — лимб; 2 — алидада; 3 — нулевой диаметр алидады; 4 — установочный винт цилиндрического уровня при вертикальном круге; 5 — цилиндрический уровень; 6 — зрительная труба

алидады В.к. в рабочее положение. Лимб В.к. имеет надписи делений, как правило, от 0 до 360° по ходу или против хода часовой стрелки. В зависимости от вида оцифровки углы наклона ν визирной оси вычисляют по одной из формул. Например, для теодолитов типа ТТ50

$$\nu = (КП - КЛ)/2; \quad \nu = КП - МО; \quad \nu = МО - КЛ;$$

для теодолитов типа ТЗ0

$$\nu = (КЛ - КП - 180^{\circ})/2; \quad \nu = КЛ - МО; \quad \nu = МО - КП - 180^{\circ},$$

где $КП$ и $КЛ$ — отсчеты по вертикальному кругу при двух положениях зрительной трубы (круг право и круг лево); $МО$ — место нуля * вертикального круга.

ВЕРШИНЫ УГЛА ПОВОРОТА ТРАССЫ — основные точки трассы $АВ$, в которых изменяется направление прямолинейного участка трассы (рис. 15). В.у. поворота трассы ($ВУ1, ВУ2, ВУ3$)

располагают так, чтобы она наиболее выгодно огибала препятствие (лес, кусты и т. д.) или пересекала его. Углы поворота трассы $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ измеряют на местности в период изысканий. Их положение на местности закрепляют геодезическим центром, а рядом (на расстоянии около 1 м от закрепленной точки) с внешней стороны угла по направлению биссектрисы устанавливают опознавательный столб.

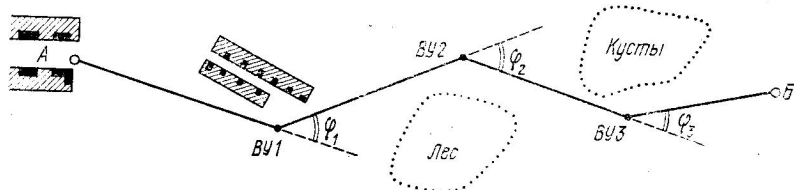


Рис. 15. Углы поворота трассы

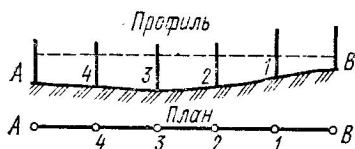


Рис. 16. Вешение линии

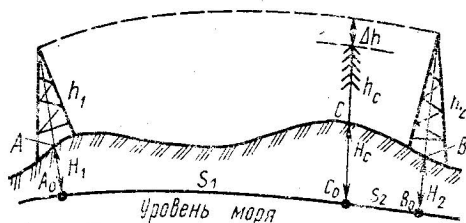


Рис. 17. Схема взаимной видимости геодезических знаков

ВЕС ИЗМЕРЕНИЯ — вспомогательное число, характеризующее степень надежности результата измерений. Понятие В.и. используют при математической обработке неравноточных измерений. В.и. принято выражать положительным числом, обратно пропорциональным квадрату средних квадратических погрешностей результатов измерений, т. е. $p = 1/m^2$ или $p = c/m^2$, где c — коэффициент пропорциональности (выбирают произвольно).

ВЕШЕНИЕ ЛИНИИ — установка в створ измеряемой линии дополнительных вех. Для этого на концах линии в точках A и B (рис. 16) устанавливают вехи. Наблюдатель становится в двух-трех метрах от одной из этих точек и указывает рабочему место установки вехи так, чтобы она находилась в створе линии, например в точке 1. В.л., как правило, ведут «на себя». После установки первой вехи рабочий переходит ближе к точке A и по указанию наблюдателя ставит вторую веху в створ, в точке 2 и т. д.

ВИДИМОСТЬ ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ — взаимная видимость визирных целей (геодезических знаков), установленных в двух точках земной поверхности, при рассматривании их в зрительную трубу.

В.г. зависит от состояния атмосферы, размеров и высоты визирных целей над поверхностью Земли и расстояния между ними. Если между двумя точками A и B (рис. 17) поверхности Земли имеется какое-либо препятствие высотой h_C (например, лес, дерево), то для обеспечения В.г. высоту h_2 второго геодезического знака можно рассчитать по формуле

$$h_2 = (S_2/S_1)(H - H_1 + v_1) + H - H_2 + v_2 - (S_2/S_1)h_1,$$

где S_2 и S_1 — расстояния C_0B_0 и A_0C_0 , км; $H = H_C + h_C + \Delta h$; H_1 , H_2 и H_C — высоты точек A , B и C ; $v_1 = v_2 = 0,067S_i^2$; Δh — допустимая высота прохождения визирного луча над препятствием.

При проектировании геодезических сетей расстояния S_1 , S_2 и высоты H_1 , H_2 , H_C определяют по карте.

ВИЗИРКИ — столбы с планкой, прибитой горизонтально. Их применяют для построения на местности линий уклона. В., устанавливаемые в начале и конце линии, называют *опорными*.

В. ходовая — Т-образная рейка, перемещаемая по линии между опорными визирками. Ее используют для построения линии с заданным уклоном i .

Например, для зачистки дна траншеи или при укладке трубопроводов по заданному уклону над траншеей и смотровыми колодцами устанавливают обноски*, располагая их перпендикулярно оси траншеи, а на угловых точках — по биссектрисе угла. Верхние полки обносок нивелируют от пунктов геодезической сети и находят их отметки H_j . Затем строят вспомогательную визирную линию, параллельную линии заданного уклона на высоте, равной L . Для этого на соседних обносках устанавливают опорные визирки так, чтобы их высоты a над полками обносок оказались равными $a_1 = L - (H_1 - H_{01})$; $a_2 = L - (H_2 - H_{02})$, где $H_{02} = H_{01} + d_{12}i$, H_{0j} — проектная отметка дна траншеи. Визируя по верхней грани опорных визирок, получают параллельную линию заданного уклона и путем перемещения В.х. высотой L по дну, в промежутке между опорными визирками, выносят точки на проектную линию. Такой способ обеспечивает точность выноса проектных отметок в пределах 1—2 см.

ВИЗИРНАЯ ЦЕЛЬ — геодезический знак, устанавливаемый на земной поверхности для наблюдения его с других пунктов. Различают постоянные и временные В.ц. В качестве постоянных В.ц. строят пирамиды и сигналы (см. геодезические знаки и центры*). В этом случае В.ц. служит визирный цилиндр, укрепленный на вершине этих сооружений. Временной В.ц. может служить вежа диаметром 2—3 см с шашечной раскраской (рис. 18, а) или визирная марка (рис. 18, б), устанавливаемая в подставке над центром пункта наблюдений. Оптимальной шириной В.ц. будет та, при которой она четко видима и умещается в биссекторе зрительной трубы геодезического прибора.

ВИНТ СТАНОВОЙ — служит для закрепления геодезического прибора на штативе. Внутри В.с. имеется сквозное отверстие для обеспечения центрирования прибора.

ВИНТ ЭЛЕВАЦИОННЫЙ — установочное приспособление для изменения наклона зрительной трубы геодезического прибора. В.э. имеет точную нарезку с малым шагом, что позволяет с большей точностью приводить визирную ось трубы в рабочее положение по уровню.

ВИНТЫ НАВОДЯЩИЕ — часть наводящего устройства геодезического прибора. Их применяют для плавного и медленного поворота отдельных частей прибора в горизонтальной и вертикальной плоскостях. В.н. имеются у зрительной трубы, у лимба и алидады горизонтального круга теодолита. Они работают только при завернутом закрепительном винте.

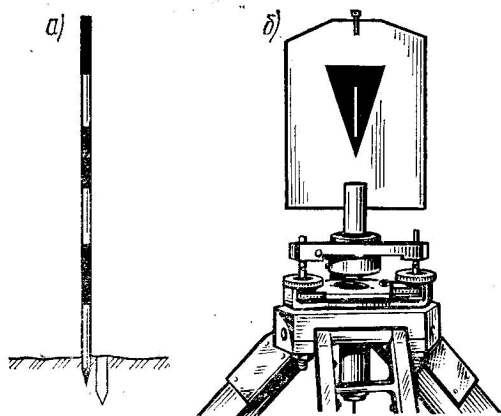


Рис. 18. Веха наблюдений (а) и визирная марка (б)

ВИНТЫ ПОДЪЕМНЫЕ — часть горизонтирующего устройства. Они предназначены для приведения оси вращения геодезического прибора в отвесное положение. В.п. вмонтированы в подставку прибора, имеют более грубую винтовую нарезку, чем наводящие винты.

ВИНТЫ СТОПОРНЫЕ (закрепительные) — предназначены для закрепления подвижного узла геодезического прибора в заданном положении.

ВИНТЫ УСТАНОВОЧНЫЕ — часть установочного приспособления геодезического прибора, предназначенного для взаимного перемещения узлов и их установки в рабочее положение.

ВИНТЫ ЮСТИРОВОЧНЫЕ — предназначены для установки деталей геодезических приборов в положение, предусмотренное их геометрической схемой.

ВИСЯЧИЙ ХОД — геодезическое построение в виде ломаной линии, опирающееся на одну исходную точку (В.х. высотный) или на одну исходную точку и одно направление (В.х. плановый). (Допускается в виде исключения.) Протяженность В.х. ограничена, а измерения в В.х. выполняют в прямом и обратном направлениях.

ВЛАЖНОСТЬ ВОЗДУХА — содержание в воздухе водяного пара.

В.в. абсолютная — парциальное давление (упругость) водяного пара (мм рт. ст. или мбар).

Максимальное количество водяного пара, которое может содержаться в воздухе, тем больше, чем выше температура воздуха. Воздух считается насыщенным, если абсолютная влажность достигает максимально возможной при данной температуре величины. Эта величина называется *упругостью насыщенного пара E* .

В.в. относительная (%) выражается отношением упругости e пара, содержащегося в воздухе, к упругости насыщенного пара E при данной температуре: $R = 100e/E$.

ВОДОМЕРНЫЙ ПОСТ — система из одного или нескольких реперов, закладываемых на берегу, и водомерной рейки, по которой определяется уровень воды. В.п. предназначен для измерения уровня воды в водоемах. Нуль футштока связывается точным нивелированием с реперами, которые входят в систему Государственной нивелирной сети. В СССР все высоты точек определяются в Балтийской системе относительно нуля Кронштадтского футштока*. Для непрерывной записи колебаний уровня воды на В.п. используют самозаписывающие приборы — мареографы.

Наблюдения на В.п. ведут ежедневно, в определенные моменты времени. На В.п. регистрируют также время вскрытия и замерзания водоема, толщину льда, температуру воды и воздуха. Результаты наблюдений хранят в архивах Госкомгидромета СССР.

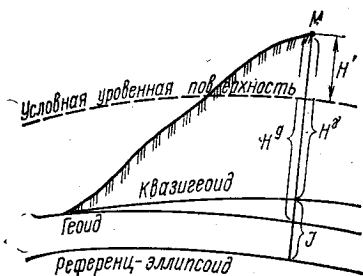


Рис. 19. Высоты точки земной поверхности

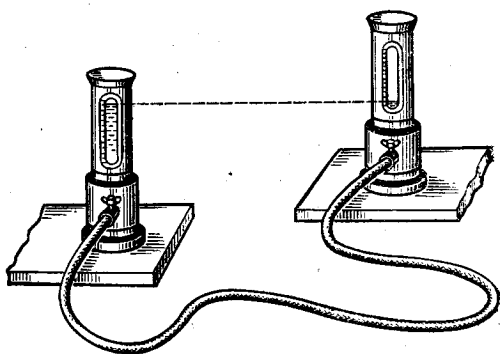


Рис. 20. Высотомер гидростатический

ВЫСОТА ТОЧКИ (отметка) — расстояние, отсчитанное по направлению отвесной линии от данной точки M до поверхности отсчета. Различают три вида В.т. (рис. 19) — ортометрическую (абсолютную) H^g , отсчитываемую до поверхности геоида, относительную (условную) H' , отсчитываемую до произвольно выбранной уровенной поверхности, нормальную H^a , от-

считанную до вспомогательной поверхности квазигеоида, близкой к поверхности геоида. В связи с тем что положение геоида под материками определить сложно, в СССР систему ортометрических высот с конца 40-х годов не применяют.

Все высоты реперов государственной нивелирной сети СССР определены в системе нормальных высот. Их определяют методом геометрического нивелирования с использованием результатов гравиметрической съемки, выполненной по направлениям проложенных нивелирных ходов. Положение квазигеоида относительно референц-эллипсоида * (аномалии высот ζ) определяют методами астрономического и астрономо-гравиметрического нивелирования. Относительные высоты H' часто применяют в строительной практике при выполнении работ на небольшой территории.

В.т. г е о д е з и ч е с к а я — высота точки над поверхностью референц-эллипсоида: $H = H' + \zeta$.

В.т., определенные в любой системе, могут принимать положительные или отрицательные значения. Ее считают положительной, если точка расположена выше уровенной поверхности, и наоборот.

ВЫСОТА ФОТОГРАФИРОВАНИЯ — высота H_s центра проекции аэроснимка — передней узловой точки объектива аэрофотоаппарата над условно выбранной уровенной поверхностью. Обычно такую поверхность выбирают на высоте, равной средней высоте снимаемого района.

ВЫСОТОМЕР — прибор для определения высот, в частности высоты полета летательного аппарата. Различают В. барометрические, радиовысотомеры и лазерные.

В. б а р о м е т р и ч е с к и й — прибор, принцип действия которого основан на зависимости атмосферного давления от высоты полета с использованием барометра-анероида *. Шкала В.б. градуируется в метрической мере и имеет кремальеру для принудительной установки показаний высоты места взлета.

Р а д и о в ы с о т о м е р, используемый при аэросъемке, представляет собой импульсную радиоустановку с пассивным отражением. Высоту полета определяют по времени прохождения импульса от излучателя, установленного на самолете, до ближайшей точки земли и обратно.

В. л а з е р н ы й — светолокационный дальномер импульсного действия, в котором в качестве излучателя используют оптический квантовый генератор с узкой направленностью луча. Для надежно-го определения высоты полета В.л. снабжаются установками, стабилизирующими направление луча по вертикали.

В лазерных и радиовысотомерах результаты измерений регистрируют фотографическим путем. Точность измерения высот такими дальномерами 0,5—1,5 м.

В. г и д р о с т а т и ч е с к и й (нивелир гидростатический) — геодезический высотомер, с помощью которого превышения определяют, используя уровень жидкости в сообщающихся сосудах. Он состоит (рис. 20) из двух цилиндрических сосудов, заполненных

жидкостью и соединенных гибким шлангом. Обычно сосуды делают из прозрачного материала, на стенках которых наносят шкалы для отсчитывания уровня жидкости. Если высоты нулевых делений измерительных шкал над опорными плоскостями сосудов неодинаковы, то при установке сосудов на горизонтальную поверхность отсчеты по шкалам будут различаться на величину места нуля (МО).

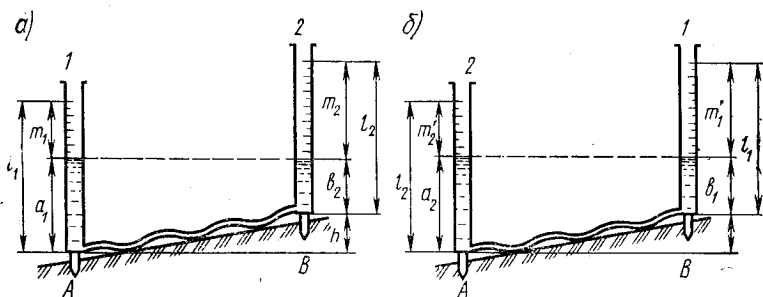


Рис. 21. Схемы нивелирования высотомером гидростатическим

Для определения МО одно и то же превышение определяют дважды, причем при повторном нивелировании сосуды меняют местами. В сосуде 1, установленном на точке А (рис. 21, а), высота столба жидкости $a_1 = l_1 - m_1$; в сосуде 2, установленном на точке В, высота столба жидкости $b_2 = l_2 - m_2$, где l_1 и l_2 — высоты нулевых делений измерительных шкал над опорными плоскостями сосудов; m_1 и m_2 — отсчеты по шкалам, соответствующие уровню жидкости в сосудах. Превышение $h = a_1 - b_2$ или

$$h = (l_1 - m_1) - (l_2 - m_2). \quad (1)$$

После перестановки сосудов (рис. 21, б) $h = a_2 - b_1$ или

$$h = (l_2 - m_2') - (l_1 - m_1'). \quad (2)$$

Суммируя (1) и (2), получим $h = [(m_2 - m_1) - (m_2' - m_1')]/2$. Вычитая из (1) выражение (2), имеем $МО = [(m_2' - m_1') + (m_2 - m_1)]/2$. Превышение можно определять с одной постановки сосудов, но при этом необходимо учитывать значение МО.

Технические характеристики высотомеров гидростатических приведены ниже:

Высотомер	Модель 115	Мейсера (ГДР)	НШТ-1
Длина шкал измерительных элементов, мм	25	100	200
Цена наименьшего деления, мм	1	1	1
Тип отсчетного устройства	Микрометричный винт		Индекс
Цена деления микрометричного винта, мм	0,01	0,01	—
Длина шланга, м	10	30	10
Средняя квадратическая погрешность одного измерения, мм	0,01	0,02	0,5
Масса прибора в рабочем состоянии, кг	12	12	3,5

ВЫЧИСЛЕНИЕ ПЛОЩАДИ. Для определения площади некоторой фигуры на плане или карте применяют аналитический, графический и механический способы.

Аналитический способ. Площадь любого многоугольника определяют по координатам x_i, y_i его вершин:

$$S = \sum_1^n x_i (y_{i+1} - y_{i-1}) / 2 = \sum_1^n y_i (x_{i-1} - x_{i+1}) / 2.$$

Графический способ. Площадь участка на плане делят на простейшие геометрические фигуры, измеряют их элементы. Вычисляют площади составляющих фигур и подсчитывают общую площадь. Для определения площади криволинейных контуров можно применить палетку, представляющую собой сетку квадратов со сторонами 2—4 мм, вычерченную на прозрачном материале. Накладывая палетку на контур участка, подсчитывают число полных и неполных квадратов, покрывающих контур. Общая площадь фигуры определяется суммой таких квадратов.

Механический способ. Для измерения площади предполагается использование планиметра полярного*. Искомая площадь (в делениях планиметра) равна разности отсчетов u по счетному механизму планиметра, взятых до обвода фигуры и после обвода. Искомая площадь (в m^2) при положении полюса прибора вне контура $S = c(u_2 - u_1)$; при положении полюса внутри контура $S = c(u_2 - u_1 + q)$. Здесь c — цена деления планиметра, m^2 ; q — постоянная планиметра.

Точность измерения площадей графическим и механическим способами составляет $\sim 1\%$.

ГАУССА — КРЮГЕРА ПРОЕКЦИЯ — равноугольная картографическая проекция, в которой составлены топографические карты СССР и некоторых других стран. Г.—К.п. служит основой для создания зональной общегосударственной системы плоских прямоугольных координат. В этой проекции изображение малых частей эллипсоида на плоскости является подобным, масштаб в границах этих частей остается практически неизменным, а искажения длин линий не зависят от их азимутов.

Для уменьшения искажений эллипсоид проецируют на плоскость по частям (зонам), ограниченными меридианами, отстоящими друг от друга на 3 или 6°. Средний меридиан каждой зоны называют *осевым*. Счет зон ведут от начального (Гринвичского) меридиана на восток. Долготу осевого меридиана шестиградусной зоны с номером N можно определить по формуле $L_N = 6^\circ N - 3^\circ$.

При построении конформного изображения каждой зоны на плоскости (рис. 22) соблюдают следующие условия:

- 1) осевой меридиан переносят на плоскость в виде прямой линии без искажений;
- 2) экватор изображают прямой линией, перпендикулярной осевому меридиану;

3) прочие меридианы и параллели изображают кривыми линиями;

4) в каждой зоне создается зональная система плоских прямоугольных координат: началом координат служит точка O пересечения осевого меридиана и экватора. За ось абсцисс принят осевой меридиан с положительным направлением к северу ($+x$), за ось ординат — экватор с положительным направлением к востоку ($+y$);

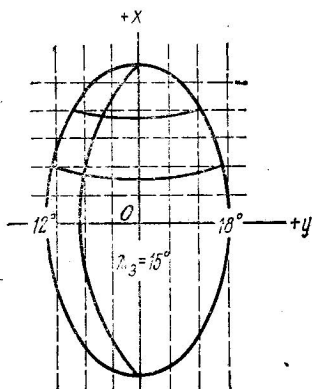


Рис. 22. Изображение зоны на плоскости и оси координат

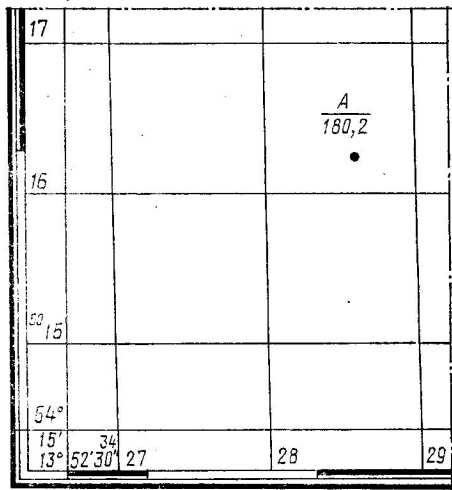


Рис. 23. Определение прямоугольных координат точки A

5) искажения длин S малой протяженности при изображении их на плоскости (d) возрастают по мере удаления от осевого меридиана зоны. Относительные искажения длин линий $(d-S)/S = \Delta S/S = y^2/(2R^2)$, где R — радиус Земли. Эти искажения по краям шестиградусной зоны могут достигать величины $1/1500$, а по краям трехградусной зоны — $1/6000$.

Линии, параллельные осевому меридиану и экватору (рис. 22), образуют сетку прямоугольных координат, которая (в шестиградусных зонах) печатается на топографических картах. На выходах координатной сетки за рамку карты подписывают значения x и y в целых километрах. Чтобы не пользоваться отрицательными значениями ординат (в западной части зоны), все значения y увеличены на 500 км и перед y подписывают номер координатной зоны. Например, если ордината точки A , снятая с карты (рис. 23), равна 3428 605 м, то это значит, что точка расположена в третьей координатной зоне, на удалении 71 395 м к западу от осевого меридиана. Максимальные и минимальные значения преобразованных ординат в зоне будут $y_{\max} = 833$ км и $y_{\min} = 167$ км.

ГАУССОВО СБЛИЖЕНИЕ МЕРИДИАНОВ — угол γ между геодезическим меридианом данной точки и линией, параллельной осевому меридиану координатной зоны. Для точки с известными геодезическими координатами B и L Г.с.м. можно вычислить по приближенной формуле $\gamma = (L - L_N) \sin B$, где L_N — долгота осевого меридиана.

Для точек, лежащих к востоку от осевого меридиана, Г.с.м. положительно, к западу — отрицательно, а на осевом меридиане и экваторе равно нулю.

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ПЛАН — проект расположения основных и вспомогательных сооружений, инженерных сетей, транспортных коммуникаций, а также благоустройства территории. В зависимости от содержания планировочных решений в качестве топографической основы Г.п. принимают топографические планы масштабов 1 : 2000—1 : 10 000.

Различают Г.п. проектные и исполнительные. На проектных (основных) Г.п. показывают проектируемые и существующие сооружения, координаты и отметки опорных точек; на исполнительных помимо проектируемых показывают вновь выстроенные объекты.

Г.п. разрабатывают и уточняют на всех стадиях проектирования. Он является основным документом для перенесения проекта в натуру. Отдельный вид проектного Г.п. — строительный генеральный план (стройгенплан), на котором проектируют размещение временных и подсобных сооружений, необходимых для производства строительства основного объекта. Их размещают так, чтобы они не мешали возведению основного объекта.

ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ ЗАДАЧА НА ПЛОСКОСТИ ПРЯМАЯ — определение координат x_2, y_2 конечной точки линии по ее длине d , направлению α_{1-2} и координатам x_1, y_1 начальной точки (рис. 24): $x_2 = x_1 + \Delta x$; $y_2 = y_1 + \Delta y$, где $\Delta x = d \cos \alpha_{1-2}$, $\Delta y = d \sin \alpha_{1-2}$ — приращения координат.

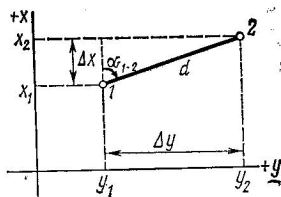


Рис. 24. Геодезические задачи на плоскости

ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ ЗАДАЧА НА ПЛОСКОСТИ ОБРАТНАЯ — определение длины d и направления линии α_{1-2} по данным координатам ее начальной и конечной точек: $\Delta x = x_2 - x_1$; $\Delta y = y_2 - y_1$; $\operatorname{tg} \alpha_{1-2} = \Delta y / \Delta x$; $d = \Delta x / \cos \alpha_{1-2} = \Delta y / \sin \alpha_{1-2}$ или $d = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}$.

ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ СЕТЬ — совокупность опорных точек, закрепленных на местности, положение которых определено в общей для них системе координат. Г. с. высшего класса используют для решения научных задач геодезии и распространения единой системы геодезических координат и высот на территории страны. Одновременно она служит основой для развития Г. с. сгущения*, необходимых для производства топографических съемок и реше-

ния инженерно-геодезических задач. Г. с. подразделяют на плановую и высотную. Г. с. плановая создается методами триангуляции, полигонометрии и трилатерации*; высотная — методами геометрического и тригонометрического нивелирования*.

Г. с. СССР высотная предназначена для обеспечения территории страны исходными высотными пунктами в единой системе высот. Начальным пунктом Г. с. высотной в СССР служит нуль Кронштадтского футштока и принятая в СССР система высот называется *Балтийской*. Опорные пункты высотной сети — реперы — связаны между собой ходами геометрического нивелирования четырех классов. Нивелирная сеть I класса проложена в основном по трассам шоссе и железных дорог; она связывает водомерные посты на всех морях и океанах СССР и служит для изучения геодинамических процессов, является основой для развития нивелирных сетей сгущения. Линии нивелирования II класса прокладывают между реперами I класса самостоятельными полигонами с периметром 500—600 км. Ходы нивелирования III класса строят в виде системы пересекающихся линий внутри полигонов II класса, разбивая их на 6—9 частей. Нивелирные ходы IV класса сгущают высотную сеть до необходимой густоты и обеспечивают нужды топографических съемок или технических изысканий. Высотная сеть закрепляется на местности постоянными знаками через 5—7 км (в труднодоступных районах через 10—15 км). В нивелирной сети I и II классов через каждые 50—80 км закладываются особо устойчивые знаки — фундаментальные репера.

Технические характеристики высотной сети СССР приведены в табл. 2.

Таблица 2

Погрешность	Класс нивелирования			
	I	II	III	IV
Случайная на 1 км хода, мм	0,5	2	5	10
Систематическая на 1 км хода, мм	0,05	0,4	—	—
Допустимая невязка в нивелирном ходе, мм	—	$5\sqrt{L}$	$10\sqrt{L}$	$20\sqrt{L}$

Примечание. L — длина хода, км.

Г. с. СССР плановая I-го класса построена в виде пересекающихся рядов (звеньев) триангуляции* и (реже) полигонометрии*, проложенных примерно по направлениям меридианов и параллелей. Начальным пунктом сети является центр круглого зала Пулковской обсерватории. Такие ряды (звенья) образуют в совокупности полигоны с периметром 800—1000 км; длина отдельного звена 200—300 км. В пересечении звеньев измерены базисы* или базисные стороны, а на их концах (пунктах Лапласа) определены широты, долготы и азимуты (рис. 25). Для изучения фигуры гео-

ида (квазигеоида) по направлениям рядов триангуляции 1-го класса выполнено астрономо-гравиметрическое нивелирование. Г. с. СССР 2-го класса построена внутри полигонов 1-го класса в форме сети триангуляции или пересекающихся ходов полигонометрии, дополненная пунктами Лапласа. Пункты 3-го и 4-го классов определены отдельными вставками в сеть высшего класса.

Основные технические характеристики плановой Г. с. СССР приведены в табл. 3.

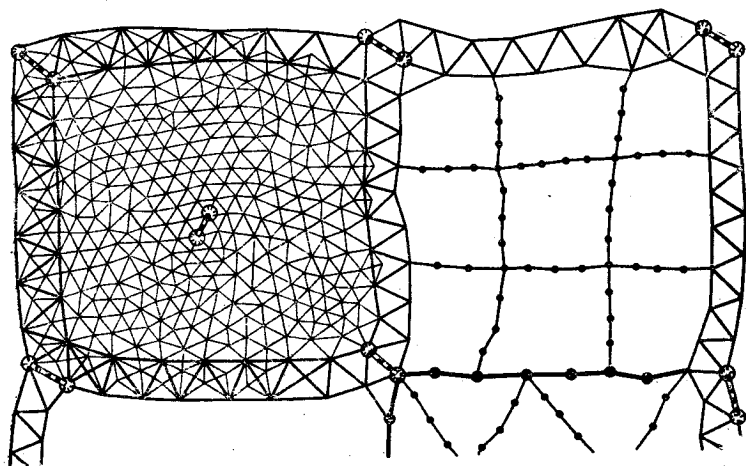


Рис. 25. Схема построения плановой геодезической сети СССР

Таблица 3

Показатели	Для триангуляции класса				Для полигонометрии класса			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV
Средняя длина сторон, км	20—25	7—20	5—8	1—5	20—25	7—10	3	0,2—2
Средняя квадратическая погрешность угла	0,7"	1,0"	1,5"	2,0"	0,4"	1,0"	1,5"	2,0"
Относительная погрешность выходной стороны	I	I	I	I	—	—	—	—
	$4 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^5$	10^5	—	—	—	—
Относительная погрешность стороны	—	—	—	—	I	I	I	I
	—	—	—	—	$3 \cdot 10^5$	$2,5 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^5$	10^5
Предельные значения невязок в треугольниках	3"	4"	6"	8"	—	—	—	—

Примечание. Средняя квадратическая погрешность азимутов для триангуляции 1-го и 2-го классов 0,5".

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ЗНАКИ И ЦЕНТРЫ — применяют для закрепления и обозначения на местности пунктов геодезической сети. Геодезический знак — постоянное или временное сооружение, обозначающее положение геодезического пункта на местности. Геодезический центр — устройство, являющееся носителем координат геодезического пункта. Стандартный грунто-вый Г. ц. обычно состоит из нескольких заложенных в землю бе-

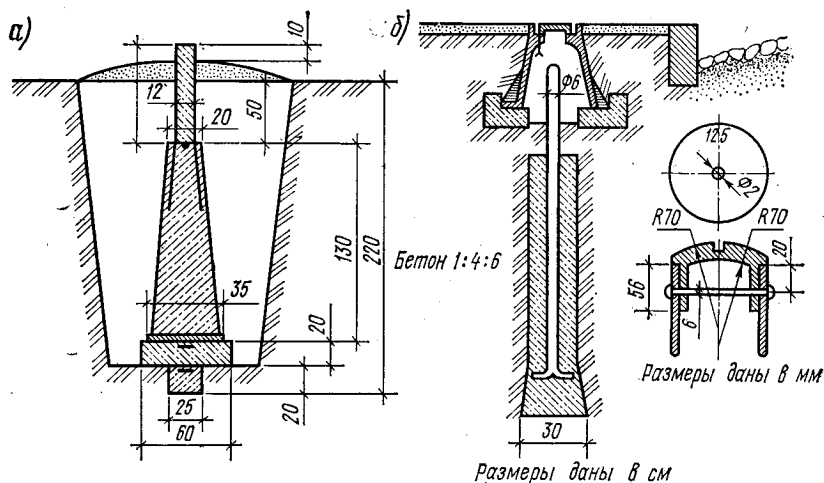


Рис. 26. Центры геодезического пункта

тонных монолитов (рис. 26, а) ниже глубины промерзания грунта. Центр пункта обозначают чугунными марками, заделанными в верхние грани монолитов, которые устанавливают друг над другом по одной отвесной линии. На верхний монолит ставят опознавательный столб, который несколько возвышается над землей. В городской черте для закрепления пунктов используют отрезки труб, рельсов или стальных стержней с якорями (рис. 26, б). Верх такого отрезка обрабатывают под полусферу и на ее поверхности сверлят отверстие или делают крестообразную насечку, которая и служит центром знака. Все устройство помещается ниже уровня мостовой и закрывается чугунным колпаком. Более надежными и долговечными являются Г. ц. стенные, закрепляемые в цоколе капитальных зданий и представляющие собой чугунные марки или реперы, изготовленные из уголкового железа, с обозначенной точкой Г. ц.

Точки съемочного обоснования могут закрепляться на местности деревянными кольями и металлическими трубками длиной в несколько дециметров, которые забивают вровень с землей; а для их обозначения рядом забивают другой колышек-сторожок, на котором делают поясняющую надпись.

Г. з. устанавливается над Г. ц. и служит визирной целью при наблюдениях его с других пунктов и местом для установки прибора на данном пункте Г.з. могут служить простая пирамида (рис. 27, а), каменный или бетонный столб — тур, простые или сложные сигналы (рис. 27, б); временным Г. з. могут служить вежи с шашечной разграфкой; вежи обычно используют для обозначения точек рабочего обоснования съемки.

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ — оптические, механические и электронные приборы, служащие для производства геодезических измерений. По назначению Г.п. подразделяют на приборы для производства угловых измерений — теодолиты*, и линейных измерений — мерные проволоки, ленты, рулетки, дальномеры; приборы для измерений превышений — нивелиры*, приборы для выполнения наземных съемочных работ — тахеометры, тахеографы (столики «Карти»), фототеодолиты; приборы для выполнения аэрофотосъемки — аэрофотоаппараты, стереометры, стереокомпараторы и др.

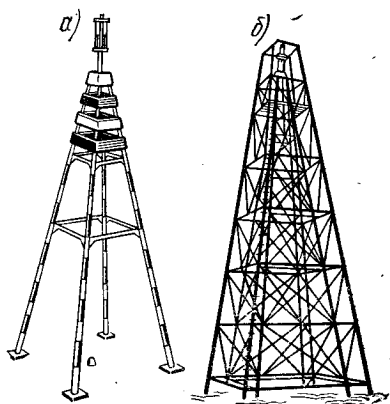


Рис. 27. Простая пирамида (а) и сигнал (б)

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАЗБИВОЧНЫЕ РАБОТЫ — комплекс работ по перенесению в натуру (на местность) проектов планировки и застройки городов, поселков, промышленных и других объектов строительства. Г. р. р. включают перенесение на местность: красных линий застройки или осей проездов; главных, основных и дополнительных осей сооружений; геодезической строительной сетки; главных точек и осей подземных инженерных коммуникаций.

В процессе Г. р. р. выполняют геодезические измерения и построения, необходимые для соблюдения геометрических форм и размеров сооружения или отдельных его частей, в соответствии с проектом.

Перед вынесением проекта сооружения на местность составляют проект производства геодезических работ — ППГР. В ППГР входит расчет необходимой точности геодезических измерений при разбивке основных и дополнительных осей; способы закрепления осей сооружения; методика построения разбивочной основы на исходном горизонте; выбор и обоснование методов переноса разбивочных осей и отметок на монтажные горизонты и т. д.

В качестве исходных данных для перенесения проекта в натуру служат: генеральный план объекта строительства; пункты гео-

дезической плановой и высотной основы; координаты красных линий или осей проездов, главных точек зданий, сооружений и коммуникаций, принятых за опорные при разработке проекта.

Обычно при строительстве сооружений Г. р. р. разделяют на основные и дополнительные.

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ СЕТИ СГУЩЕНИЯ (сети местного значения) — создают при развитии геодезической сети более высокого порядка (класса). Г. с. с. служат для увеличения плотности государственной сети, исходя из потребностей поставленных инженерно-геодезических задач.

Плановые Г. с. с. строят методом триангуляции 1-го и 2-го разрядов (ранее их называли аналитическими) и полигонометрии 1-го и 2-го разрядов.

Высотные Г. с. с. — сети технического нивелирования. — развивают методом геометрического нивелирования.

Допустимая невязка в ходе технического нивелирования, мм, $f_{h \text{ доп}} = 50\sqrt{L}$, где L — длина хода, км. Технические характеристики Г. с. с. приведены в табл. 4.

Таблица 4

Средняя квадратическая погрешность	Для триангуляции разряда		Для полигонометрии разряда	
	1	2	1	2
Измерения угла	5" 1	10" 1	5"	10"
Выходной стороны	50000	20000	—	—
Измеряемой стороны	—	—	1 10000	1 5000

ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ СЪЕМОЧНАЯ СЕТЬ — сеть сгущения, создаваемая для производства топографических съемок. Г. с. с. подразделяют на плановую и высотную. Для определения плановых координат пунктов Г. с. с. в равнинной местности строят теодолитные ходы *, а в пересеченной местности — триангуляцию * со сторонами длиной 100—300 м. Для определения высот пунктов Г. с. с. по сторонам сети прокладывают ходы технического нивелирования или выполняют тригонометрическое нивелирование *.

Технические допуски при построении плановой Г. с. с. приведены в табл. 5.

При выполнении мензульной съемки в масштабах 1:5000 и мельче допускается создание Г. с. с. графическим методом, путем построения на планшете мензулы геометрической сети, представляющей собой совокупность прямых и обратных засечек пунктов Г. с. с., с одновременным выполнением тригонометрического нивелирования по сторонам этой сети. В закрытой местности Г. с. с. может развиваться путем проложения мензульных ходов.

Таблица 5

Показатели	Масштаб съемки	
	1:500	1:1000
Минимальное количество пунктов на 1 га съемки	2	1
Предельная длина теодолитного хода, м		
на застроенной территории	600	1200
на незастроенной территории	600	1500
Предельная длина висячего теодолитного хода, м		
на застроенной территории	100	150
на незастроенной территории	150	200
Средняя длина сторон хода, м	80—100	200—250
Допустимая угловая невязка хода с числом углов n	$1'\sqrt{n}$	$1'\sqrt{n}$
Допустимая относительная линейная невязка хода	$1/(2 \cdot 10^3)$	$1/(2 \cdot 10^3)$

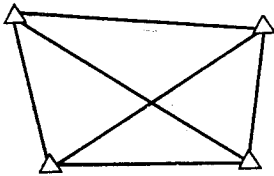


Рис. 28. Геодезический четырехугольник

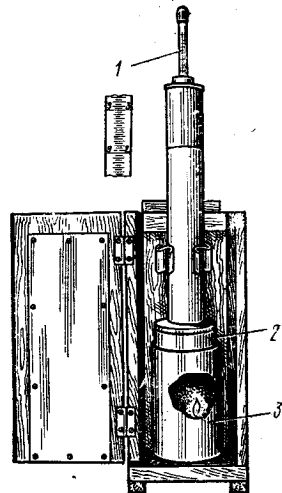


Рис. 29. Гипсотермометр

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ ЧЕТЫРЕХУГОЛЬНИК — система из четырех пересекающихся треугольников (рис. 28) — одна из наиболее надежных типовых фигур триангуляции. В Г. ч. измеряют все углы для обеспечения надежного контроля выполненных измерений.

ГЕОДЕЗИЯ — наука, изучающая фигуру и гравитационное поле Земли, планет Солнечной системы, методы и способы определе-

ния положения точек в принятой системе координат и занимающаяся точными измерениями на местности, необходимыми для создания карт и планов земной поверхности, решения разнообразных производственно-технических задач народного хозяйства и обороны страны.

Научные и практические задачи геодезии решаются на основе геодезических измерений при помощи геодезических приборов.

Г. высшая — раздел геодезии, изучающий фигуру, размеры и гравитационное поле Земли и планет Солнечной системы, а также теорию и методы построения опорной геодезической сети в единой системе координат. Г. в. тесно связана с астрономией, гравиметрией, геофизикой и космической геодезией.

Г. инженерная (прикладная) — раздел геодезии, изучающий методы геодезических работ: при изысканиях, проектировании, строительстве и эксплуатации разнообразных и инженерных сооружений; при разведке, использовании и эксплуатации природных богатств территории страны и ее недр. В Г. и. используют методы высшей геодезии, топографии и фотограмметрии.

Г. космическая (спутниковая) — раздел геодезии, в котором решение ее основных научных задач достигается путем наблюдений внеземных объектов (искусственных спутников Земли и планет, космических летательных аппаратов и некоторых других подвижных визирных целей). В Г. к. широко используют методы астрономии, астрометрии, фотограмметрии и гравиметрии.

ГЕОИД — фигура Земли, ограниченная уровенной поверхностью*, совпадающей с поверхностью Мирового океана в состоянии полного покоя и равновесия и мысленно продолженной под материками. Поверхность Г. отличается от физической поверхности Земли, на которой резко выражены горы и океанические впадины. Поверхность Г. в каждой ее точке перпендикулярна направлению отвесной линии. Определение фигуры Г. — одна из основных задач высшей геодезии.

ГИПСОТЕРМОМЕТР — прибор для определения высоты точки над уровнем моря по температуре паров кипящей воды (рис. 29). Упругость паров над кипящей водой практически равна внешнему давлению воздуха. Измерив температуру над кипящей водой, определяют по таблицам упругость пара. Пользуясь таблицами зависимости атмосферного давления от высоты, находят высоту точки, соответствующую измеренной упругости паров. Г. состоит из кипятивльника 2, залитого дистиллированной водой и установленно над спиртовой горелкой 3. В верхней части его помещается термометр 1 со шкалой, позволяющей отсчитывать с точностью до 0,01°. Термометр помещают так, чтобы пары имели доступ ко всей его поверхности.

Для вычисления высоты точки используют формулу Лапласа

$$H_2 - H_1 = 18\,400 \lg(p_1/p_2)(1 + \alpha t)(1 + 0,378 e/p) \times \\ \times (1 + 0,026 \cos 2\varphi)(1 + 3,14 \cdot 10^{-7} H),$$

где $H_2 - H_1$ — разность высот, м; $\alpha = 1/273$; $t = (t_1 + t_2)/2$ — средняя арифметическая температура слоя воздуха, °С; $e/p = 0,5(e_1/p_1 + e_2/p_2)$ — среднее арифметическое отношение упругости водяного пара к давлению воздуха; φ — широта места; $H = (H_1 + H_2)/2$ — средняя арифметическая высота.

На точность результатов вычислений наибольшее влияние оказывают точность измерения давления p и температуры t ; наименьшее влияние — точность измерения влажности e и сила тяжести. Для менее точных вычислений пользуются упрощенной формулой $H = 16\,000 (1 + \alpha t) (p_1 - p_2) / (p_1 + p_2)$.

ГИРОКУРСУКАЗАТЕЛЬ — прибор наземной навигации, выдающий информацию в виде курсового угла и позволяющий ориентировать машину, на которой он установлен, в требуемом направлении. Главная ось его гироскопа сохраняет ориентированное направление, но автоматически не устанавливается в плоскости меридиана, поэтому Г. иногда называют гироскопом компасом. Средняя ошибка в ориентировании при помощи гироскопа ~ 5% от пройденного пути или в угловой мере ~ 3°.

ГИРОСКОП МАЯТНИКОВЫЙ — гироскоп с грузиком ниже центра тяжести, подвешенный так, чтобы иметь две степени свободы, т. е. свободно перемещаться относительно двух осей — горизонтальной оси гироскопа HH и вертикальной оси VV (рис. 30, а).

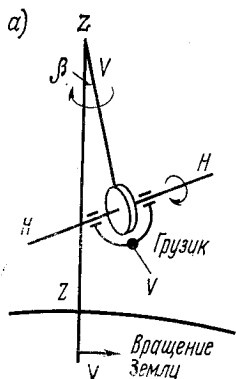


Рис. 30. Схема маятникового гироскопа

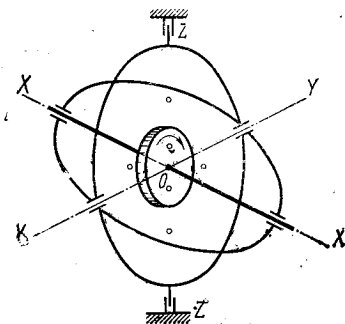
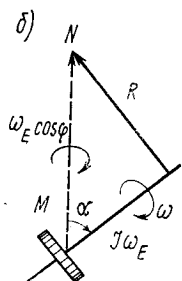


Рис. 31. Схема свободного гироскопа

При вращении с большой угловой скоростью (2400 об/мин) гироскоп стремится сохранять свое положение (направление вектора кинетического момента) в пространстве. Вследствие вращения Земли центр тяжести Г. м. отклоняется от отвесной линии ZZ , однако отклонению противодействует момент силы тяжести противовеса. Взаимодействие этого момента с кинетическим моментом гироскопа вызывает поворот — прецессию оси гироскопа относительно вертикали, затухающие колебания оси гироскопа относительно плоскости астрономического меридиана.

Прецессия (рис. 30, б) возникает вследствие гироскопического момента $M = J\omega_E \cos \varphi$, где J — кинетический момент гироскопа; ω_E — вектор вращения Земли; φ — географическая широта места наблюдения.

Если вектор кинетического момента J гироскопа составляет с направлением меридиана угол α , то момент, стремящийся установить гироскоп в плоскости меридиана (направляющий момент), $R = M \sin \alpha = J \omega_E \cos \varphi \sin \alpha$, где $\omega_E \cos \varphi \sin \alpha$ — скорость прецессии, пропорциональная углу отклонения α (при $\alpha = 0$ направляющий момент $R = 0$). При изменении широты места значение направляющего момента также меняется. Наибольшего значения направляющий момент достигает на экваторе ($\varphi = 0^\circ$), а наименьшего — вблизи полюсов. Следовательно, на экваторе с помощью Г. м. можно быстро и точно определить направление меридиана, а вблизи полюсов его вообще нельзя использовать для таких целей. Значение направляющего момента возрастает с увеличением кинетического момента J за счет увеличения скорости вращения или массы Г. м. Однако с увеличением массы гироскопа увеличивается масса инструмента и энергетические затраты на раскручивание гироскопа. Угловая скорость вращения (20 000—30 000 об/мин) ограничивается прочностью материала, из которого изготовлен гироскоп.

ГИРОСКОП СВОБОДНЫЙ — устройство, основной частью которого является быстро вращающийся ротор, сохраняющий неизменной ориентировку оси вращения. Для установки ротора используют карданов подвес (рис. 31), позволяющий обеспечить три степени свободы относительно трех взаимно перпендикулярных осей. Ось X вращения ротора называют *главной осью*, а оси Y и Z — осями *чувствительности* и *прецессии*. Центр тяжести ротора должен совпадать с точкой пересечения трех осей — центром подвеса; только при этом условии ось вращения гироскопа сохраняет свою ориентировку в пространстве. Это свойство в принципе можно было бы использовать для автономного ориентирования. Однако в реальной системе вследствие трения в осях и невозможности точного совмещения центра тяжести с точкой подвеса появляются моменты сил, под воздействием которых ось вращающегося гироскопа совершает колебания (прецессирует) по азимуту и высоте. Эти колебания, называемые прецессией, даже в самых лучших гироскопах достигают 0,5—1° в час. Поэтому для ориентирования Г. с. в геодезии используют редко (например, если необходимо сохранять ориентировку на короткое время, если можно периодически определять поправки в ориентировании гироскопа, а также в работах невысокой точности).

ГИРОСКОПИЧЕСКИЙ ТЕОДОЛИТ (гиротеодолит) — прибор, предназначенный для автономного определения истинных азимутов направлений. Г. т. представляет собой угломерный прибор (теодолит), соединенный с датчиком направления меридиана (рис. 32). В качестве датчика обычно используют маятниковый гироскоп, называемый также гирокомпасом, указателем меридиана, гиробуссолью. Чувствительный элемент 5 гироскопа подвешен на тонкой металлической ленточке — торсионе 8 внутри гирокамеры 4. Гироскоп — трехфазный асинхронный двигатель, вращение которого осуществляется вращением магнитного поля, создаваемого неподвижной обмоткой статора. Питание осуществляется трехфазным током по двум ленточным токопроводам 2 и торсиону 8.

Для наблюдения за перемещениями чувствительного элемента и проектирования на горизонтальный круг 10 точек реверсии его колебаний используют следующую систему, состоящую из авто-

коллиматора 1 на алидаде и зеркала 11, укрепленного на штанге 9 чувствительного элемента. Чувствительный элемент находится в корпусе гироблока 7. Корпус гироблока скреплен с алидадой угломерной части. При перевозке или переноске прибора чувствительный элемент скрепляют с корпусом гироблока с помощью арретира 6.

Во время измерений оператор наблюдает в окуляре автоколлиматора изображение штрихов его шкалы, синхронно с азимутальным движением чувствительного элемента поворачивает (гидирует — сопровождает чувствительный элемент) с помощью редуктора 3 алидаду и корпус гироблока. Вместе с корпусом гироблока поворачиваются концы токопроводов и верхний зажим торсионной ленты. Таким образом предотвращается их закручивание при движении чувствительного элемента.

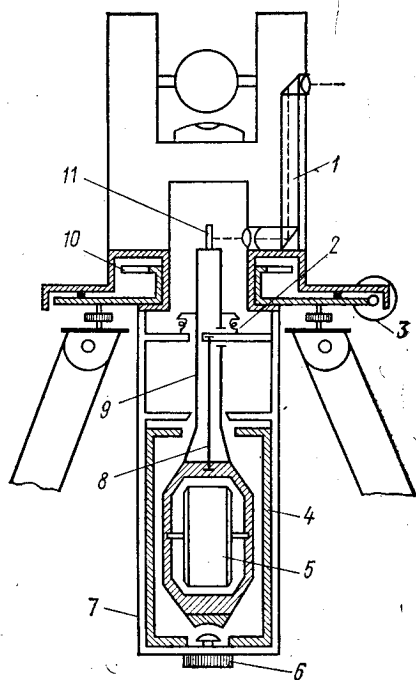


Рис. 32. Схема гиroteодолита

При подходе к точке реверсии движение чувствительного элемента замедляется, останавливается и меняется на обратное. В момент остановки производят отсчет в дополнительный окуляр по горизонтальному кругу, а затем отсчет в противоположной точке реверсии. По этим отсчетам вычисляют отсчет N , соответствующий положению динамического равновесия чувствительного элемента, при котором главная ось гироскопа совпадает с плоскостью истинного меридиана. Затем направляют зрительную трубу теодолита по линии, азимут которой определяют и получают отсчет M по горизонтальному кругу. Истинный азимут линии будет $A = M - N + \Delta$, где Δ — инструментальная поправка, определяемая из наблюдений азимутов сторон с заранее известными азимутами.

В некоторых моделях гиroteодолитов с торсионным подвесом гироскопа имеется автоматическая следящая система, поворачивающая верхний зажим торсионной ленты и токопроводы синхронно с азимутальными движениями чувствительного элемента.

Помимо Г. т. в комплект входят: источник питания (аккумуляторная батарея) и блок питания для преобразования электрического тока и питания всех узлов гиroteодолита.

Время, затрачиваемое на один прием измерения азимута (продолжительность пуска), определяется в значительной мере периодом гармонических колебаний чувствительного элемента:

$$T = 2\pi \sqrt{J / (PI \omega_3 \cos \varphi)},$$

где J — кинетический момент ротора; P — вес чувствительного элемента; l — плечо маятника (расстояние от центра тяжести до точки подвеса); ω_3 — угловая скорость суточного вращения Земли.

В табл. 6 приведены основные технические характеристики некоторых моделей гироскопических теодолитов.

Таблица 6

Характеристики	Модель, страна-изготовитель		
	МВТ2, СССР	GiC2, ВНР	GAK-1, Швейцария
Средняя квадратическая погрешность определения азимута из одного пуска	30"	30"	20"
Продолжительность пуска в средних широтах, мин	20	25	20
Потребляемая мощность, Вт	9	15	10
Масса комплекта без упаковки, кг	33	43	20

ГИСТЕРЕЗИС — запаздывание физической величины, характеризующей состояние тела, от другой физической величины, определяющей внешние условия.

Г. магнитный — запаздывание намагниченности тела J в зависимости от внешнего намагничивающего поля H . При циклическом изменении магнитного поля H намагниченность J описывается так называемую *максимальную петлю намагничивания*.

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ГЕОДЕЗИИ И КАРТОГРАФИИ ПРИ СОВЕТЕ МИНИСТРОВ СССР (ГУГК) — основное государственное геодезическое учреждение СССР. ГУГК является преемником Высшего геодезического управления, созданного декретом Совета народных комиссаров РСФСР 15 марта 1919 г., подписанным В. И. Лениным. На ГУГК возложено: выполнение работ по созданию Государственной геодезической сети; производство топографических съемок для создания карт и планов территории страны; составление и издание карт, планов и атласов; разработка и издание инструкций и наставлений по производству геодезических и топографических работ; систематизация и хранение материалов геодезических работ, карт и планов; осуществление надзора за производством работ, выполняемых другими ведомствами; организация научных работ в области геодезии, аэрофотосъемки и картографии. Производственную деятельность ГУГК осуществляет через геодезические предприятия и картографические фабрики. В систему ГУГК входят три научно-исследовательских института, Государственный картографо-геодезический фонд* и Государственный геодезический надзор*.

ГЛАВНЫЕ ТОЧКИ КРИВОЙ — точки начала $НК$, конца $КК$ и середины $СК$ кривой — являются опорными для определения на местности контура кривой (рис. 33). Для нахождения местоположения Г. т. к. необходимо знать основные элементы кривой: угол отклонения трассы φ , радиус R , выбираемый в зависимости от местности и технических условий проектирования, тангенс T , биссектрису B , длину кривой K , домер D (на рисунке не показан). Величины T , K , B , D можно вычислить или определить по «Таблицам для разбивки кривых» (круговых и переходных).

Пикетажные значения Г.т.к. рассчитывают по формулам $пк НК = пок ВУ - T$; $пк КК = пок НК + K$; $пк СК = пок НК + K/2$, где $пок ВУ$ — пикетажное значение вершины угла поворота трассы. Контроль вычислений осуществляют по формулам $пк КК = пок ВУ + T - D$; $пк СК = пок КК - K/2$.

На местности точки $НК$ и $КК$ находят, откладывая расстояния, равные вычисленным пикетажным значениям этих точек или откладывая от вершины угла в прямом и обратном направлениях по трассе величину тангенса T . Разбивку пикетажа по каждому новому направлению производят с учетом величины домера. Точку середины кривой $СК$ находят на местности, разделив пополам угол поворота хода и отложив по этому направлению длину биссектрисы B .

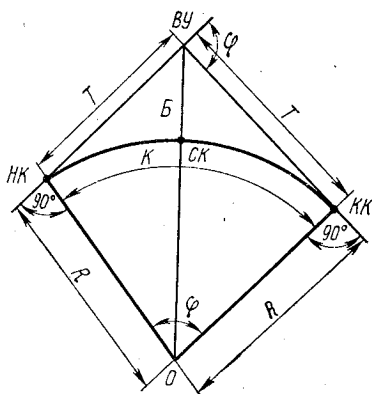


Рис. 33. Главные точки круговой кривой

ГЛАЗ КАК ОПТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА — имеет шарообразную форму, заключен в сухожильную оболочку — склеру 15, передняя часть которой — роговая оболочка 1 — прозрачна и имеет форму, близкую к сфере (рис. 34). К склере прилегает сосудистая оболочка 14, образующая вблизи перехода склеры в роговицу утолщение в форме кольца — ресничное тело. Сосудистая оболочка не прилегает к роговой оболочке, а отходит от нее, образуя радужную оболочку 3 с отверстием — зрачком. Мышечные волокна в радужной оболочке, сокращаясь, изменяют диаметр зрачка от 2 до 8 мм, а с ним и площадь зрачка примерно в 16 раз.

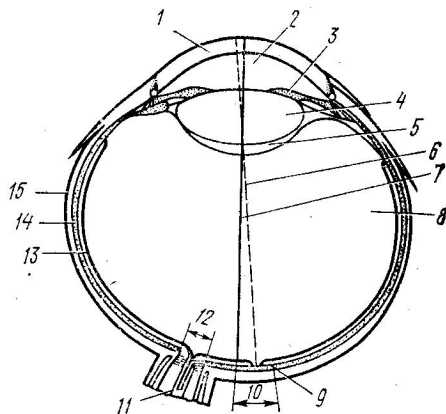
В кольце ресничного тела находится хрусталик 4 — двояковыпуклая линза с различными радиусами кривизны. Точку, ясно видимую при максимальном напряжении хрусталика, называют ближней. Наиболее удаленную точку, отчетливо видимую при спокойном состоянии хрусталика, называют дальней. Глаз называют нормальным, если дальняя точка находится в бесконечности. Наименьшее расстояние, при котором нормальный глаз привык к ак-

комодации в течение длительного времени, называют *расстоянием наилучшего зрения*. Для нормального глаза оно равно 25 см.

Поверхность сосудистой оболочки (до ресничного тела) покрывает сетчатая оболочка 13 (ретины), состоящая из десяти слоев, один из которых световоспринимающий. Попадая на нервные элементы — светочувствительные колбочки и светочувствительные палочки, свет вызывает их раздражение и по зрительному нерву

Рис. 34. Глаз человека:

1 — роговая оболочка; 2 — передняя камера; 3 — радужная оболочка; 4 — хрусталик; 5 — захрустальное пространство; 6 — ось видения; 7 — оптическая ось; 8 — стекловидное тело; 9 — центральная ямка; 10 — желтое тело; 11 — зрительный нерв; 12 — слепое пятно; 13 и 14 — сетчатая и сосудистая оболочки; 15 — склера



передается в головной мозг. Днем зрение осуществляется при помощи колбочек, а при слабом освещении работают только палочки. Максимальная чувствительность палочек приходится на длину световых волн порядка 510 мкм, а колбочек — 550 мкм.

Способность глаза приспосабливаться в широких пределах к сильным разностям в освещенности называется *адаптацией*. При различных условиях освещенности чувствительность сетчатки изменяется примерно в 10 000 раз. При резких изменениях освещенности для адаптации требуется 1 ч. При точных измерениях необходимо обеспечить наиболее благоприятную освещенность (в интервале 50—250 лк).

ГЛАЗОМЕРНАЯ СЪЕМКА — съемка местности, основанная на использовании приближенных методов. Например, расстояния при Г. с. измеряют шагами или определяют на глаз, ориентирование планшета выполняют по компасу, а для построения направлений используют линейку со скошенным краем. Г. с. применяется при инженерных изысканиях для получения приближенного плана местности в короткий срок. Она необходима для ознакомления с местностью, на которой предполагается производство работ, и для составления организационного плана.

ГОРИЗОНТ ИНСТРУМЕНТА — высота визирной оси прибора (рис. 35) над уровенной поверхностью (или условным горизонтом): $ГИ = H_A + a = H_B + b = H_C + i$, где H_A , H_B и H_C — высоты точек A , B и C ; a и b — отсчеты по рейкам в точках A и B ; i — высота прибора над точкой стояния.

Вычисление отметок точек. При известном Γ . и отметка H_D любой точки, по которой был взят отсчет d на этой станции, находится как разность $H_D = \Gamma I - d$. Используя Γ . и., можно вынести точку на проектную высоту. Например, если H_A — отметка исходной точки A , а H_B — отметка проектной точки B , то отсчет $b = \Gamma I - H_B$ будет тем, при котором рейка в точке B встанет на проектную высоту.

ГОРИЗОНТАЛЬНОЕ ПРОЛОЖЕНИЕ — проекция линии местности на горизонтальную плоскость (рис. 36). Для определе-

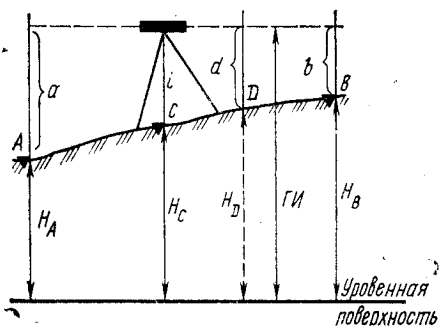


Рис. 35. Горизонт инструмента

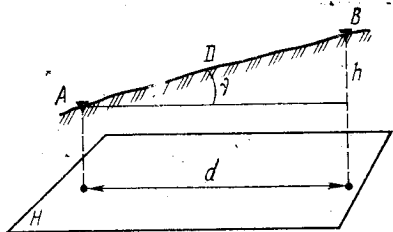


Рис. 36. Горизонтальное проложение линии

ния Γ . п. линии AB необходимо знать угол ν наклона или превышение h между конечными точками A и B линии: $d = D \cos \nu = D - \Delta D_\nu$, где D — длина отрезка AB . Разность $d - D = \Delta D_\nu$ называют *поправкой за наклон линии к горизонту* и вычисляют по формуле $\Delta D_\nu = -2D \sin^2 (\nu/2)$. Эту же величину можно вычислить по приближенной формуле $\Delta D_\nu \approx -h^2 / (2D)$.

ГОРИЗОНТАЛЬНЫЙ КРУГ ТЕОДОЛИТА — основная часть геодезического угломерного прибора, включающая лимб и алидаду. Лимб — рабочая мера теодолита — плоское металлическое или стеклянное кольцо с нанесенными на боковой поверхности штрихами, делящими окружность на равные части (градусы и минуты). Деления на лимбе подписывают по ходу часовой стрелки от 0 до 360° . Соосно с лимбом располагается алидада. Ее центр должен совпадать с центром лимба.

При измерении угла лимб остается неподвижным и горизонтальным, а алидада вместе со зрительной трубой вращается вокруг вертикальной оси прибора. На алидаде имеется индекс, позволяющий фиксировать ее положение по шкале лимба. Для повышения точности отсчета применяют различные отсчетные устройства, например, верньеры, микроскопы-микрометры и т. д.

Лимб и алидада снабжены устройствами: закрепительными — для установки их в неподвижное положение, наводящими — для плавного и медленного перемещения. В современных геодезиче-

ских приборах лимб и алидаду изготавливают из особо прочных марок стекла. Сверху они закрыты металлическим кожухом.

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ НАДЗОР (ГОСГЕОНАДЗОР) — государственное учреждение СССР, входящее в систему ГУГК, которое выдает разрешение на право производства геодезических и топографических работ и контролирует качество их выполнения с учетом действующих инструкций.

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КАРТОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ ФОНД (ГОСГЕОКАРТФОНД) — государственное учреждение СССР, в котором концентрируются результаты геодезических и картографических работ СССР (каталоги координат пунктов геодезических сетей, топографические карты). Этими материалами обеспечивают по мере необходимости различные учреждения и предприятия.

ГРАДОВАЯ МЕРА ИЗМЕРЕНИЯ УГЛОВ (центимальная мера) разработана в 1799 г. во Франции, одновременно с метрической системой мер. Прямой угол в Г. м. и. у. делится на 100 град. (100^g), один град 1^g — 100 центимальных минут (100^c) и одна центимальная минута 1^c — на 100^{cc} центимальных секунд. Эта система не получила широкого международного признания, хотя в отдельных странах угломерные приборы выпускают с такими делениями кругов. Для перехода от градусовой меры к градусной существует зависимость: $\alpha^{\circ} = 0,9\alpha^g$; $\alpha^g = 1,111 \dots \alpha^{\circ}$.

ГРАДУСНАЯ МЕРА ИЗМЕРЕНИЯ УГЛОВ — наиболее распространенная мера измерения углов. В этой системе прямой угол делится на 90 градусов (90°), 1° — на 60 минут ($60'$) и $1'$ — на 60 секунд ($60''$).

ГРАФИЧЕСКАЯ ТОЧНОСТЬ. Величину наименьшего отрезка, который можно взять с плана, принимают, как правило, равной 0,1 мм. *Графической точностью* называют длину отрезка на местности, соответствующую 0,1 мм плана: $\Delta = 0,0001m$, где m — знаменатель численного масштаба, Δ — точность масштаба, м.

ДАВЛЕНИЕ АТМОСФЕРНОЕ — сила, с которой на единицу площади давит столб воздуха, расположенный над ней. Над уровнем моря под широтой 45° и при температуре 0° С Д. а. в среднем эквивалентно массе единичного столба ртути в 760 мм высотой — 1013 г на 1 см^2 (1013 миллибар — гектопаскалей). С увеличением высот точек Д. а. убывает. Изменение Д. а. с высотой выражается барометрической формулой

$$p = p_0 e^{-g(H-H_0)/(RT)},$$

где p и p_0 — давление на высотах H и H_0 ; e — основание натурального логарифма; g — ускорение свободного падения; R — газовая постоянная; T — средняя температура слоя воздуха между этими уровнями.

Величина D , а. зависит от состояния воздуха: его температуры, влажности и воздушных течений. Измерение D , а. используют при нивелировании барометрическом *; поправки за D , а. вносят в результаты высокоточных геодезических измерений углов и расстояний.

ДАЛЬНОМЕР — прибор для косвенных измерений расстояний до объекта. В современной практике применяют D , оптические и электроннооптические.

Рис. 37. Схема оптического дальномера

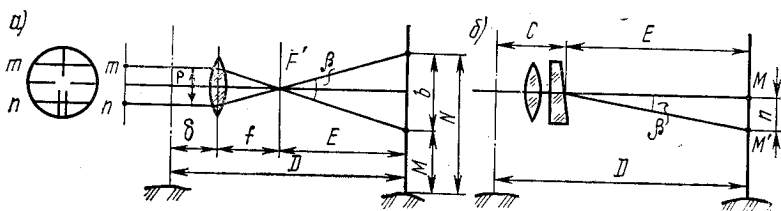
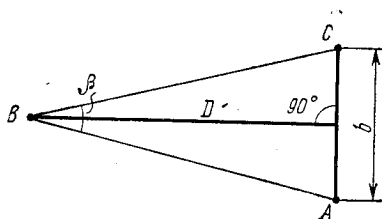


Рис. 38. Оптические схемы:

а — нитяного дальномера; б — дальномера двойного изображения

D , оптические — приборы для определения расстояний с помощью решения параллактического треугольника ABC (рис. 37). Из чертежа следует, что определяемое расстояние $D = (b/2) \operatorname{ctg} (\beta/2)$, где b — база треугольника. Обычно база b мала по сравнению с расстоянием D , параллактический угол β не превышает 1° , поэтому можно считать $D = b\rho''/\beta''$, где $\rho'' = 206\,265''$.

В зависимости от того, какой элемент треугольника является постоянным, а какой измеряется, различают дальномеры оптические — с постоянным параллактическим углом ($\beta = \text{const}$) и переменной базой; дальномеры с постоянной базой ($b = \text{const}$) и переменным параллактическим углом β .

Постоянный параллактический угол образуется с помощью дальномерных штрихов на сетке нитей (в нитяном дальномере) или же системой призм или линз (в дальномерах двойного изображения). На рис. 38, а показана схема нитяного дальномера в трубах с внешним фокусированием. Определяемое расстояние от вертикальной оси прибора до рейки $D = kb + c$, где $k = f/p$ — коэффициент дальномера; f — фокусное расстояние объектива; p — расстояние между дальномерными нитями; $b = N - M$ — разность отсчетов по верхней и нижней дальномерным нитям по рейке; $c = \delta + f$ — постоянное слагаемое дальномера.

При наклонной линии визирования для определения горизонтального проложения используют формулу $d = kb \cos^2 \nu + c \cos \nu$, где ν — угол наклона линии визирования.

В дальномерах двойного изображения с клиновым компенсатором постоянный параллактический угол β (рис. 38, б) образуется оптическим клином, установленным перед объективом так, чтобы он закрывал только половину объектива. Дальномер может быть выполнен как с вертикальной, так и с горизонтальной рейкой. В поле зрения трубы наблюдатель видит два изображения рейки, смещенные одно относительно другого на величину n . Величина смещения зависит от расстояния E . Определяемое расстояние $D = E + c$ или $D = kn + c$, где $k = \text{ctg } \beta$ (обычно $k = 100$).

Точность дальномера двойного изображения значительно выше точности нитяного, так как в нем устранена погрешность неодновременного считывания отсчетов по рейке, а сам отсчет выполняется более надежно.

Д. внутрибазный состоит из зрительной трубы и системы призм (рис. 39), с помощью которых создается двойное изображение. Призма 2 перекрывает половину поля зрения трубы. Призма с клином 1 поворачивает луч, идущий от точки M , на угол $90^\circ - \beta$. Она может перемещаться по линейке 3, установленной

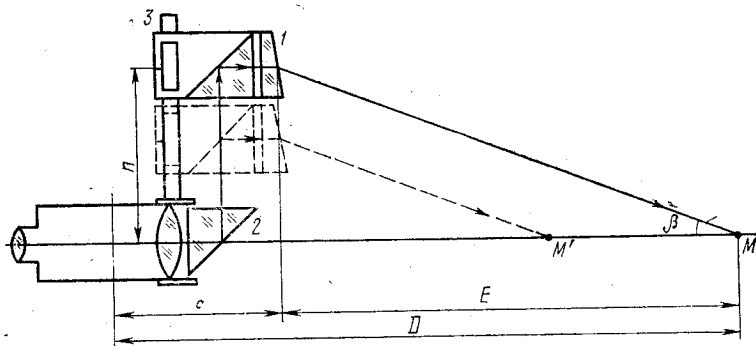


Рис. 39. Оптическая схема внутрибазного дальномера:

M' — мнимая точка изображения

перпендикулярно к оси трубы. Для определения расстояния перемещают призму с клином 1 по линейке 3 и совмещают изображение точки M , видимое через систему призм с изображением, получаемым через незакрытую часть объектива, и отсчитывают по линейке 3 отсчет n . Расстояние $D = E + c$ или $D = nk + c$. Достоинство такого дальномера заключается в возможности измерения расстояний до точек местности без установки на них реек.

Д. с постоянной базой и переменным параллактическим углом. Для измерений используют специальную рейку постоянной длины. Д. изготовляют в виде насадки на объективную часть трубы или как самостоятельные приборы.

В дальномерной насадке (рис. 40) имеется линзовый компенсатор, состоящий из двух пар полулинз 5, шкаловый микроскоп 2 для отсчета по дальномерной шкале 1. С помощью винта наводящего устройства полулинзы можно перемещать перпендикулярно к линии визирования в горизонтальном направлении. В исходном положении, когда оптические оси полулинз совпадают, в поле зрения трубы видно одно изображение рейки. При вращении винта изображение раздваивается (рис. 41). Для разделения изображе-

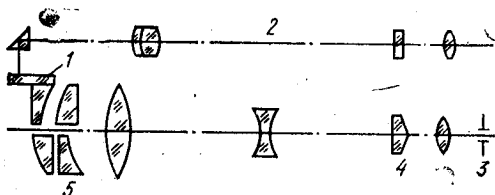


Рис. 40. Схема дальномерной насадки

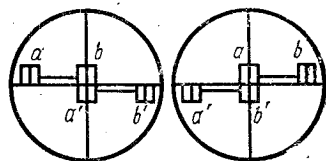


Рис. 41. Схема измерения параллактического угла

ний на верхнее ab и нижнее $a'b'$ в зрительной трубе устанавливаются бипризму 4 и щелевую диафрагму 3 (см. рис. 40). Для измерения угла β по дальномерной шкале необходимо произвести отсчеты n_1 и n_2 при двух положениях половинок изображений рейки. Разность отсчетов дает величину угла в делениях шкалы $n_2 - n_1 = \beta'$. Зная цену деления, можно найти значение параллактического угла $\beta = \beta'k$.

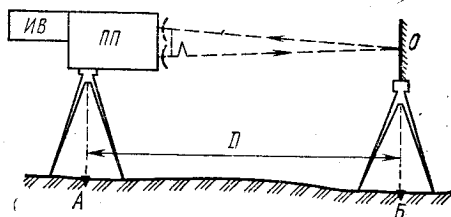


Рис. 42. Схема работы электронно-оптического дальмера

В указанных дальмерах расстояние получают по линии визирования, а для определения горизонтального положения необходимо учитывать угол наклона линии. В некоторых дальмерах приведение наклонных линий к горизонту осуществляется автоматически. Такие дальмеры называют *редукционными*. Основные характеристики оптических дальмеров приведены в табл. 7.

Д. электронно-оптические—приборы, предназначенные для измерения расстояний путем определения времени τ распространения электромагнитных колебаний вдоль измеряемой линии. Скорость v электромагнитных колебаний в атмосфере в момент измерения считается известной. В зависимости от диапазона электромагнитных колебаний Д. э. делят на светодальмеры и радиодальмеры.

Д. э. в общем случае (рис. 42) состоит из приемо-передатчика ПП и отражателя О, устанавливаемых на разных концах измеряемого расстояния. Приёмо-передатчик посылает электромагнитные колебания к отражателю и принимает отраженные сигналы. Таким

Дальномер	Относительная погрешность измерения линии длиной 100 м	Пределы измерения расстояний, м	Тип компенсатора	Расположение рейки
С постоянным параллактическим углом и измеряемой базой:				
нитяной дальномер	$\frac{1}{300}$	5—300	—	Вертикальное
ДН10	$\frac{1}{1000}$	20—200	Оптический клин	»
ДН04	$\frac{1}{3000}$	10—125	Оптический клин	Горизонтальное
ДНР06 редуционный	$\frac{1}{1500}$	20—200	Клиновыи	Вертикальное
С постоянной базой и измеряемым параллактическим углом:				
ДНБ	$\frac{1}{1000} - \frac{1}{500}$	80—700	Линзовый	Горизонтальное
ОТД	$\frac{1}{5000}$	35—400	»	Горизонтальное или вертикальное

образом, электромагнитные волны, посланные *ПП* из начальной точки *A*, отразившись в конечной точке *B* от *O*, приходят в начальную точку *A*, дважды проходя измеряемое расстояние $D = v\tau/2$, где v — скорость распространения электромагнитных колебаний в воздухе в момент измерения; τ — время, затраченное электромагнитными волнами на прохождение двойного расстояния.

Время τ может быть измерено либо непосредственно, либо косвенно в зависимости от характера излучения электромагнитных волн. Непосредственное измерение времени возможно при импульсном способе излучения электромагнитных волн, однако этот способ в наземных геодезических измерениях применяют редко.

Современные геодезические радиодальномеры и светодальномеры относятся к приборам, в которых время распространения электромагнитных волн определяют косвенным — фазовым способом, путем измерения разности фаз посланного и принятого сигналов. Разность фаз Ψ гармонического колебания меняется циклически, и непосредственное ее измерение возможно лишь в пределах одного фазового цикла (периода), т. е. можно измерить только дробную часть периода колебаний. В действительности кроме дробной части необходимо знать число целых периодов N . В этом случае расстояние вычисляют по формуле

$$D = (N + \Delta N) v / (2f) = [N + \Psi / (2\pi)] v / (2f),$$

где $\Delta N = \Psi / (2\pi)$ — дробная часть периода; Ψ — разность фаз; v — скорость распространения электромагнитных колебаний; f — частота колебаний.

Для определения полного времени распространения сигналов либо измеряют разность фаз Ψ колебаний на нескольких известных частотах модуляции, либо, плавно изменяя частоту модуляции, находят число полных периодов. Поэтому Д. э. могут быть с фиксированными частотами модуляции или с плавно изменяемой частотой модуляции.

Свето- и радиодальномеры, несмотря на принципиальное сходство, имеют существенные различия, которые прежде всего связаны с характером распространения радиоволн и световых излучений. На характер распространения радиоволн значительное влияние оказывают подстилающая поверхность и окружающая среда. Это объясняется тем, что радиоволны имеют малую направленность, огибают препятствие или отражаются от них, в силу чего в точку приема сигналов могут приходиться как прямые, так и отраженные волны, что существенно снижает точность измерений. Направленность излучения увеличивается, а интенсивность отражений уменьшается с переходом в область радиоволн сантиметрового и миллиметрового диапазонов и в область световых волн. В светодальномерах удается формировать электромагнитные колебания узким пучком, что позволяет избежать влияния помех от окружающих предметов.

При измерении расстояний с помощью электромагнитных волн необходимо знать скорость v их распространения в атмосфере в момент измерения: $v = c/n$, где c — скорость распространения электромагнитных волн в вакууме; n — показатель преломления воздуха.

Показатель преломления n зависит от плотности воздуха, являющейся функцией температуры, давления и влажности. Поэтому одновременно с измерением расстояния определяют метеорологические данные на пути распространения электромагнитных волн. В современных Д. э. поправки за метеорологические условия могут вводиться автоматически.

Существующие Д. э. условно делятся по следующим характеристикам особенностей приборов: дальности действия, точности, виду измерительной информации. В геодезических работах для строительства наиболее широко применяют светодальномеры.

ДАЛЬНОМЕРНО-БАЗИСНАЯ ПОЛИГОНОМЕТРИЯ — геодезическое построение, в котором стороны полигонометрии измеряют оптическими дальномерами двойного изображения.

ДАЛЬНОСТЬ ВИДИМОСТИ — предельное расстояние S в открытой равнинной местности, на котором будут взаимно видимы две точки с высотами h_1 и h_2 над Землей: $S = 4(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})$, где S выражено в км, h_1 и h_2 — в м.

ДВИЖЕНИЕ ЗЕМНОЙ КОРЫ обусловлено: эндогенными процессами, происходящими в недрах планеты и вызывающими тектонические сдвиги векового или сейсмического характера; изменением сил притяжения небесных тел, вызывающих периодические приливные колебания, и состояния атмосферы и гидросферы; деятельностью человека, вызывающей в отдельных районах деформации поверхности Земли под влиянием проведенных горных работ, откачки грунтовых вод, нефти, газа, создания водохранилищ и т. п. Для изучения Д. з. к. применяют различные методы: астрономо-геодезический, океанографический, гравиметрический и др. Наблюдения за вертикальными Д. з. к. выполняют методами повторного геометрического нивелирования.

ДЕКРЕМЕНТ ЗАТУХАНИЯ — количественная характеристика быстроты затухания собственных колебаний в системе. Численно Д. з. равен отношению двух последующих амплитуд, т. е. двух максимальных отклонений системы от положения равновесия, отстоящих одно от другого на промежуток времени, равный одному периоду колебаний.

При определении азимутов с помощью гироскопических теодолитов наблюдают несколько точек, соответствующих максимальным отклонениям оси гироскопа от положения равновесия (точек реверсии) n_1, n_2, n_3, n_4 и Д. з. вычисляют по формуле $d = (n_2 - n_3) / (n_2 - n_1)$. Он служит для контроля работы гиротеодолита. В исправном гиротеодолите декремент постоянен с точностью до нескольких единиц третьего знака.

ДЕШИФРОВОЧНЫЕ ПРИЗНАКИ — признаки, по которым раскрывают содержание информации, отображенной на аэрофотоснимках. Различают Д. п. прямые и косвенные. Д. п. прямые — геометрические и фотометрические — передают форму изображаемого объекта и характер его поверхности.

Д. п. косвенные указывают на возможность наличия на территории некоторого объекта, хотя он и не получил непосредственного отображения на снимке.

ДЕФОРМАЦИЯ СООРУЖЕНИЙ — изменение относительно го положения всего сооружения или отдельных его частей, связанное с пространственным перемещением или изменением его формы. Д. с. проявляется в виде прогибов, кручения, крена, сдвига, перекосов и т. д. В общем случае Д. с. можно свести к двум наиболее простым смещениям сооружения — сдвигу в горизонтальной и осадке в вертикальной плоскостях.

Д. с. часто возникают из-за неравномерной осадки сооружения, вызванной усадкой грунта, а также недостаточной прочностью конструкций. В процессе инженерных изысканий и проектирования причины возможного смещения сооружений учитывают путем тщательных исследований свойств грунтов и прочности конструкций сооружения.

В сложных геологических условиях и при строительстве ответственных объектов обязательно проводят наблюдения за деформациями.

циями сооружения. Их выполняют, как правило, геодезическими способами в период строительства и эксплуатации сооружения. Геодезические наблюдения должны подтвердить проектные расчеты на прочность и устойчивость сооружения. Регулярные наблюдения за деформациями дают возможность предотвратить аварию или своевременно произвести ремонтные работы.

ДИАМЕТРОМЕТР — прибор, предназначенный для измерения диаметров труб при съемке подземных сетей и сооружений. Суще-

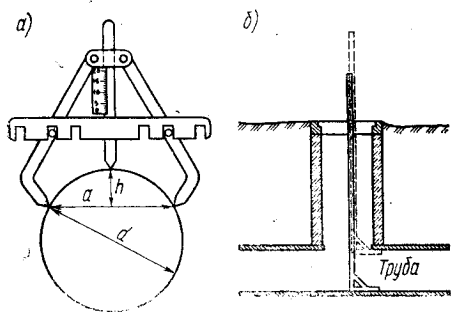


Рис. 43. Диаметрометры для определения внешнего (а) и внутреннего (б) диаметров труб

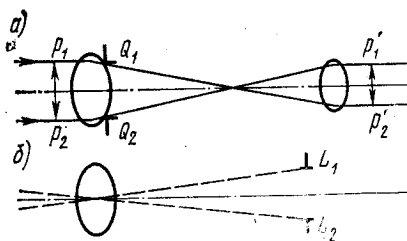


Рис. 44. Диафрагмы:
а — апертурная; б — поля зрения

ствует два типа Д.: для определения внешнего (рис. 43, а) и внутреннего (рис. 43, б) диаметров труб.

В работах по инвентаризации подземных сетей и сооружений чаще всего применяют Д. конструкции инж. С. П. Кузнецова.

ДИАФРАГМА — устройство ограничения светового потока в оптических системах.

Д. апертурная Q_1Q_2 (рис. 44, а) — диафрагма, наиболее сильно ограничивающая площадь светового пучка на выходе из системы. Величину Д. в пространстве объектов называют *входным зрачком* r_1r_2 оптической системы, а ее величину $r'_1r'_2$ в пространстве изображений — *выходным зрачком*. Размер и положение Д. апертурной определяют освещенность, качество изображения и глубину резкости.

Д. поля зрения L_1L_2 (рис. 44, б) — диафрагма, ограничивающая размеры видимого пространства или световой пучок, проходящий через центр входного зрачка до размеров угла поля зрения.

ДИНАМОМЕТР — силомер, прибор для измерения силы или крутящего момента, состоящий из силового звена (упругого элемента) и отсчетного устройства. Действие Д. состоит в том, что измеряемое усилие вызывает упругую деформацию силового звена, которая передается отсчетному устройству, показывающему результат измерения силы в кг. В качестве силовых элементов чаще

всего используют пружины. Отсчетное устройство связано механической передачей с пружиной. Д. применяют для контроля натяжения мерного прибора (проволоки, ленты, рулетки) при измерении расстояний.

ДИОПТРИЯ — единица оптической силы линзы или системы линз. Линза имеет силу в одну Д., если ее фокусное расстояние f равно 1 м. Оптическая сила D линз зависит также от показателя преломления среды n , т. е. $D = n/f$. Для воздуха $n \approx 1$, $D = 1/f_{\text{м}}$. Оптическая сила собирательных линз считается положительной, а рассеивающих — отрицательной.

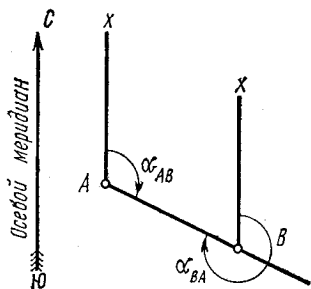


Рис. 45. Дирекционный угол линии AB

ДИРЕКЦИОННЫЙ УГОЛ — угол между северным направлением прямой, параллельной оси абсцисс в системе прямоугольных координат на плоскости, и направлением на заданную точку.

Д.у. отсчитывается по часовой стрелке, изменяется в пределах от 0 до 360° .

Различают прямой и обратный Д.у. Для направления AB (рис. 45) прямым будет Д.у., отсчитываемый от линии, параллельной оси абсцисс в точке A , а для направления BA — от линии, параллельной оси абсцисс в точке B : $\alpha_{BA} = \alpha_{AB} \pm 180^\circ$.

ДИСПЕРСИЯ И СТАНДАРТ — наиболее употребительные меры рассеивания случайных величин, применяемые в теории вероятностей и математической статистики. Д. σ^2 случайной величины X — математическое ожидание квадрата отклонения случайной величины от ее математического ожидания.

Полагая результаты измерений случайными величинами X , при числе измерений $n > 30$ дисперсию с достаточной надежностью вычисляют по формуле

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2,$$

где \bar{X} — среднее значение результатов равноточных измерений искомой величины.

Стандарт случайной величины $\sigma = \sqrt{\sigma^2}$. Величина средней квадратической погрешности одного измерения при неограниченном возрастании числа измерений n приближается к значению σ .

ДИФРАКЦИЯ СВЕТА — отклонение пучка света от прямолинейного пути при его прохождении вблизи резких краев непрозрачных тел или сквозь узкие отверстия. Вследствие Д. с. на границе света и тени наблюдается ряд светлых и темных дифракционных полос. Это — результат интерференции световых волн. Яв-

ление D . с. ограничивает разрешающую способность оптического изображения. Разрешаемое объективом угловое расстояние между двумя светящимися точками $\varphi \approx 0,61\lambda/R$; величина $A=1/\varphi$ — разрешающая сила объектива. Здесь λ — длина световой волны; R — радиус объектива. Явление D . используют в измерительной технике.

ДЛИНА ВОЛНЫ МОДУЛИРОВАННОГО СВЕТОГО ПОТОКА — расстояние, пройденное световым потоком за период одного колебания управляющего напряжения, подаваемого генератором на модулятор светодальномера.

Д.в.м.с.п. зависит от частоты f колебаний напряжения и скорости света c , т. е. $\lambda=c/f$. Значение f в современных светодальномерах колеблется в пределах 1—50 МГц, что соответствует длинам волн 1—30 м.

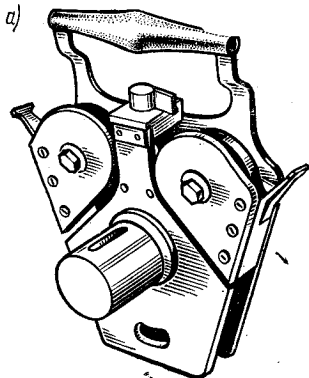
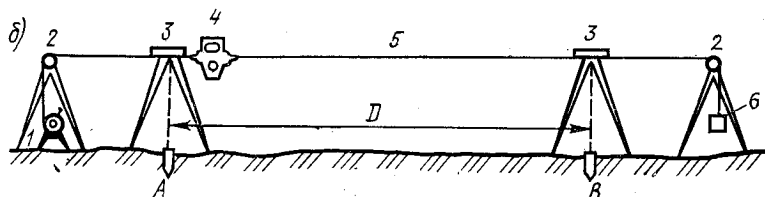


Рис. 46. Дальномер АД-1 (а) и схема измерения расстояния дальномером (б)



ДЛИНА ОТРЕЗКА ПРЯМОЙ (линии) — числовая характеристика протяженности линии. Д. о. п. определяется расстоянием между начальной и конечной точками линии.

Различают два основных способа измерения длины линии: прямой, когда результат получают непосредственно из измерений на местности, и косвенный, когда искомая величина находится как функция ряда других измеренных величин.

ДЛИНА ХОДА — расстояние между начальной и конечной точками хода, полученное как сумма длин всех сторон хода.

ДЛИНОМЕР АД-1 — прибор, предназначенный для измерения расстояний с помощью мерного блока и гибкой нити (стальной проволоки) при выполнении различных геодезических работ.

Основные части Д. (рис. 46, а, б): мерный блок 4 со счетным механизмом и направляющими роликами; два блочных штатива 2; два штатива 3 со шкалами длиной 20 см; лебедка 1 с проволокой 5 (длиной около 500 м) и груз 6. Сущность измерения горизонтальных и наклонных расстояний заключается в определении дли-

ны отрезка линии по количеству оборотов диска мерного блока, прокатываемого по проволоке. Мерный диск длиномера АД-1 делают из стали или инвара. Расчетная длина окружности мерного диска 300 мм. Для подсчета числа оборотов используют ступенчатый счетчик емкостью 1000 м. Число метров, десятков и сотен метров определяют по счетному механизму, а миллиметры и сантиметры — по круговой шкале, скрепленной с мерным диском.

Горизонтальное проложение d линии, измеренной длиномером АД-1, вычисляют по формуле

$$d = N_2 - N_1 + n_1 + n_2 + c + \Delta D_{\text{комп}} + \Delta D_t + \Delta D_p - \Delta D_v,$$

где N_1, N_2 — отсчеты по счетчику в начале и конце прокатки D ; n_1 и n_2 — домеры по шкалам на проволоке; c — постоянное расстояние между фиксаторами прибора; $\Delta D_{\text{комп}}, \Delta D_t, \Delta D_p, \Delta D_v$ — поправки соответственно за компарирование мерного диска, за изменение его температуры; за провес проволоки с учетом несимметрии цепной линии; за наклон линии к горизонту.

D целесообразно применять при измерении ходов полигонометрии на незастроенной территории; при переходах через овраги, ямы и другие препятствия; определении глубины шахт и высоты сооружений. Для контроля линию измеряют дважды в прямом и обратном направлениях. Относительная погрешность измеренной линии порядка 1 : 10 000.

ДОМЕР — разность между суммой двух тангенсов и длиной кривой (см. главные точки кривой *): $D = 2T - K$, где T — длина тангенса; K — длина кривой. Величину D нужно учитывать при разбивке пикетажа по оси трассы, чтобы пикетажное расстояние отсчитывалось с учетом длины вписываемой кривой. С этой целью от вершины угла $B\gamma$ по направлению трассы откладывают величину T и, получив точку конца кривой, приписывают ей пикетажное значение, равное $пк\ K\ K = пк\ B\gamma + T - D$.

ЕДИНЫЕ НОРМЫ ВЫРАБОТКИ НА ТОПО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ — нормативный документ, разрабатываемый и утверждаемый Главным управлением геодезии и картографии при Совете Министров СССР, в котором определяются категории трудности и нормы времени на производство отдельных видов работ. Е. н. в. согласуются с другими ведомствами, выполняющими топографо-геодезические работы. Через определенные сроки Е. н. в. пересматриваются.

ЖИДКОСТЬ ГИДРОСТАТИЧЕСКАЯ — жидкость для заполнения системы гидростатических высотомеров (сосудов и шланга, их соединяющего). Для работы при положительных температурах обычно используют дистиллированную воду, при отрицательных температурах — жидкость с низкой температурой замерзания, например 20%-й водный раствор хлористого кальция, денатурат и т. д.

Один из источников погрешностей гидростатического нивелирования — погрешность вследствие разности температур жидкости в сосудах. Разность температур жидкости в сосудах приводит к разности объемных весов и, следовательно, к разности в уровнях. Самой малорасширяющейся жидкостью является вода, коэффициент объемного расширения которой при температуре, близкой к $+4^{\circ}\text{C}$, практически равен нулю; с повышением температуры он увеличивается.

ЖУРНАЛЫ ПОЛЕВЫЕ — основной (первичный) документ, в который заносят результаты геодезических наблюдений, выполненных в поле.

Для различных видов геодезических измерений используют журналы установленной формы и размеров. Записи в Ж. п. должны быть четкими, т. е. не допускать различных толкований. В Ж. п. не разрешается делать подчистки резинкой, записывать результаты «цифра по цифре». При необходимости неправильную запись зачеркивают (одной чертой) и выше нее делают правильную запись.

В Ж. п. обязательно указывают дату, время и условия работы на каждом геодезическом пункте. По окончании наблюдений на станции в журнале подсчитывают измеренные величины и выполняют некоторые контрольные вычисления.

ЗАДАЧИ ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОДЕЗИИ — определяются видом и составом геодезических измерений, осуществляемых для целей строительного производства.

Инженерная геодезия включает с себя следующие виды работ: топографо-геодезические изыскания; инженерно-геодезическое проектирование; разбивочные работы: перенесение на местность проектов строительства, т. е. определение в натуре местоположения основных осей и границ сооружения; обеспечение геометрических форм и размеров сооружения в процессе строительства, геометрических условий установки специального оборудования; производство «исполнительных съемок», т. е. определение отклонений построенного объекта от его проекта; наблюдения за деформациями сооружений.

ЗАКОН НОРМАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОГРЕШНОСТЕЙ (ошибок) — определяется совокупностью свойств случайных ошибок рядов равноточных измерений: 1) положительные погрешности и равные им по абсолютной величине отрицательные погрешности равновероятны; 2) малые по абсолютной величине погрешности появляются чаще больших; 3) по абсолютной величине погрешности не превосходят некоторой величины, зависящей от данных условий измерений; 4) предел отношения суммы случайных погрешностей к их числу при неограниченном возрастании числа измерений стремится к нулю.

Распределение погрешностей в ряде равноточных измерений по З. н. р. п. приведено в табл. 8.

ЗАКРЕПЛЕНИЕ ТОЧЕК И ОСЕЙ ПРИ РАЗБИВКЕ СООРУЖЕНИЙ — вид геодезических работ, имеющих целью установку на строительной площадке устойчивых центров геодезических знаков, удобных для постоянного пользования и сохраняющихся на весь период строительства.

Таблица 8

Погрешность, доли стандарта	Вероятное число погрешностей, %
0—0,5 σ	38,3
0,5— σ	30,0
σ —1,5 σ	18,4
1,5 σ —2,0 σ	8,8
2,0 σ —2,5 σ	3,3
2,5 σ —3,0 σ	0,9
Свыше 3 σ	0,3

Примечание. σ — стандарт.

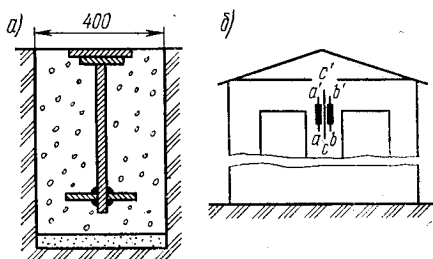


Рис. 47. Грунтовый репер (а) и закрепление осей здания откраской (б)

Пункты опорной геодезической сети на строительной площадке необходимо закладывать в соответствии с основным документом «Центры геодезических пунктов для территорий городов, поселков и промышленных площадок», утвержденным ГУГК при Совете Министров СССР. Он является обязательным для всех ведомств и учреждений СССР.

Центры пунктов геодезической сети делят на грунтовые и стенные. Грунтовые центры — реперы (рис. 47, а) закладывают обычно на незастроенных территориях с таким расчетом, чтобы верхняя часть центра находилась на уровне или несколько ниже поверхности земли для сохранности пункта от повреждений различными транспортными средствами и строительными механизмами. Глубина закладки зависит от геологических, гидрогеологических и других условий местности.

Для предохранения центра от повреждения и лучшего его использования в процессе строительства геодезические знаки не должны располагаться в зоне земляных работ, местах складирования материалов и размещения временных сооружений. При наличии на территории строительства капитальных зданий и сооружений рекомендуется в них закладывать стенные центры (знаки).

Пункты плано-высотной основы, заложенные на территории строительства, сдают на хранение по акту дирекции строящегося предприятия и руководителю строительных работ. Места закладки центров опорной сети отмечают на генеральном плане, стройгенплане и на разбивочных чертежах, выдаваемых для производства работ на строительной площадке.

Главные и основные разбивочные оси зданий и сооружений закрепляют, как правило, постоянными и временными знаками. В ка-

честве временных знаков используют металлические штыри, трубки или деревянные колья. Временные знаки устанавливают чаще всего в створе постоянных знаков.

Для закрепления основных осей зданий и их параллелей на исходном горизонте иногда применяют способ откраски или цветных рисок (рис. 47, б). Среднюю риску наносят тонкой цветной несмываемой линией cc' , а две другие — широкие, также цветные, полосы aa' и bb' — на равном удалении с обеих сторон. Способ откраски — самый простой и надежный способ закрепления осей сооружений.

Перед детальной разбивкой осей сооружения на строительных площадках устанавливают так называемые обноски, служащие для закрепления осей здания и их параллелей.

ЗАМКНУТЫЙ ПОЛИГОН (ход) — геодезическое построение на местности в виде ломаных линий, образующих замкнутую геометрическую фигуру (рис. 48). Вершины углов хода 2—6 (теодолитного или нивелирного) закрепляют постоянными или временными знаками.

Горизонтальные углы β_0 — β_6 в теодолитном ходе измеряют теодолитом, стороны — мерной лентой, рулеткой или дальномерами. Превышение между пунктами хода определяют из геометрического или тригонометрического нивелирования. На рис. 48 показан замкнутый теодолитный ход, опирающийся на один исходный пункт A и одно исходное направление AB .

Теоретическая сумма внутренних углов для замкнутого полигона $\Sigma\beta_{\text{теор}} = 180^\circ(n-2)$, где n — число углов поворота в полигоне. Теоретическая сумма приращений координат в замкнутом полигоне $\Sigma\Delta x_{\text{теор}} = 0$; $\Sigma\Delta y_{\text{теор}} = 0$. Теоретическая сумма превышений h в замкнутом нивелирном ходе $\Sigma h_{\text{теор}} = 0$.

ЗАМЫКАНИЕ ПРИЕМА ИЗМЕРЕНИЙ (замыкание горизонта) — повторное наведение зрительной трубы на начальную точку при измерении горизонтальных углов. З. п. и. выполняют для контроля и повышения точности измерений. З. п. и. обязательно при одновременном измерении нескольких направлений на пункте способом круговых приемов.

ЗАСЕЧКА ЛИНЕЙНАЯ — способ определения положения точки C местности, основанный на измерении расстояний до двух исходных пунктов A и B (рис. 49, а). Графически искомую точку получают в результате пересечения двух дуг окружностей с радиусами R_1 и R_2 , равными измеренным расстояниям AC и BC .

ЗАСЕЧКА ОБРАТНАЯ УГЛОВАЯ — способ определения положения точки D местности относительно трех исходных пунктов A , B и C (рис. 49, б), основанный на измерении в искомой точке двух горизонтальных углов β_1 и β_2 между исходными пунктами.

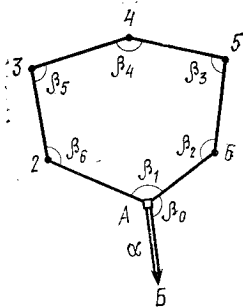


Рис. 48. Схема замкнутого полигона

Возможно графическое (на планшете мензулы) или аналитическое решение З. о. у. Задача не имеет решения, если все четыре точки лежат на одной окружности. При аналитическом вычислении координат искомой точки D можно применить формулы:

$$x_D = x_C + (K_1 + K_2 \operatorname{tg} \alpha_{CD}) / (1 + \operatorname{tg}^2 \alpha_{CD});$$

$$y_D = y_C + (x_D - x_C) \operatorname{tg} \alpha_{CD},$$

где $\operatorname{tg} \alpha_{CD} = (K_3 - K_1) / (K_2 - K_4)$; $K_1 = (x_A - x_B) + (y_A - y_C) \operatorname{ctg} \beta_1$;
 $K_2 = (y_A - y_C) - (x_A - x_C) \operatorname{ctg} \beta_1$; $K_3 = (x_B - x_C) - (y_B - y_C) \operatorname{ctg} \beta_2$;
 $K_4 = (y_B - y_C) + (x_B - x_C) \operatorname{ctg} \beta_2$.

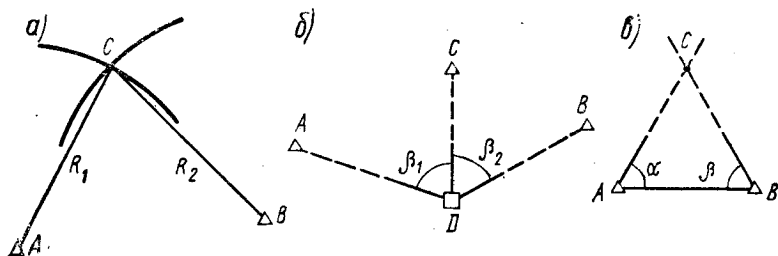


Рис. 49. Схемы линейной (а), обратной (б) и прямой (в) засечек

ЗАСЕЧКА ПРЯМАЯ УГЛОВАЯ — способ определения положения точки C местности относительно двух исходных точек A и B (рис. 49, в), основанный на измерении горизонтальных углов α и β между направлениями на данную точку и линию, соединяющую исходные пункты:

$$x_C = x_A + [(x_B - x_A) \operatorname{ctg} \alpha + (y_B - y_A)] / (\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \beta);$$

$$y_C = y_A + [(y_B - y_A) \operatorname{ctg} \alpha - (x_B - x_A)] / (\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \beta).$$

Графически искомую точку C определяют в результате пересечения двух направлений, построенных под углами α и β . Необходимым условием надежного определения положения точки C является величина угла в этой точке в пределах $60-120^\circ$.

ЗЕМЛЯ КАК ПЛАНЕТА — третья от Солнца планета Солнечной системы, обращающаяся вокруг него по эллиптической орбите (близкой к круговой) со средней скоростью $29,765$ км/с за период, равный $365,24$ средних солнечных суток. Среднее расстояние З. от Солнца $149,6$ млн. км. З. вращается около своей оси, совершая один полный оборот относительно звезд за 23 ч 56 мин $4,09$ с среднего солнечного времени. Ось вращения З. наклонена к плоскости орбиты З. (плоскости эклиптики) под углом $66^\circ 33' 22''$.

Под фигурой Земли обычно понимают *геоид*, форма которого для всей З. еще не определена, но она близка к эллипсоиду вращения. Средний радиус геоида (радиус равновеликого шара) $6\,371,032$ км. Длина окружности меридиана $\sim 40\,008$ км. Масса

Земли $5976 \cdot 10^{21}$ кг, что составляет $1/333432$ Солнечной массы; средняя плотность 5518 кг/м^3 , нормальное ускорение свободного падения на экваторе $978,049 \text{ см/с}^2$, на полюсе $983,235 \text{ см/с}^2$.

Из 510 млн. км^2 земной поверхности суша занимает 29,2%. На суше преобладают высоты менее 1 км (75% площади), в океане — глубины от 3 до 6 км. Наибольшая амплитуда колебаний рельефа 3. (от вершины Эвереста до дна Марианской впадины) составляет 19,7 км.

ЗЕНИТ — верхняя точка пересечения отвесной линии с воображаемой небесной сферой над головой наблюдателя.

ЗЕНИТНОЕ РАССТОЯНИЕ — угол, отсчитанный в некоторой точке земной поверхности от направления на зенит до направления данной линии местности.

ЗРИТЕЛЬНАЯ ТРУБА — увеличительный прибор для визуального наблюдения удаленных предметов. З. т. геодезических инструментов построена по телескопической системе и предназначена для визирования на удаленные предметы. Она позволяет увеличить угол, под которым рассматривается предмет. Астрономические З. т. дают обратное изображение предмета, земные — прямое.

З. т. состоит (рис. 50) из объектива 1 и окуляра 3, расположенных так, что при установке трубы на бесконечности передний фокус окуляра совпадает с задним фокусом объектива и плоскостью сетки нитей 2 зрительной трубы.

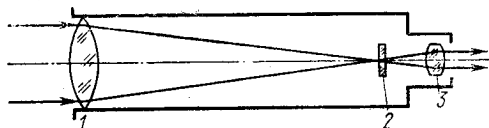


Рис. 50. Разрез зрительной трубы

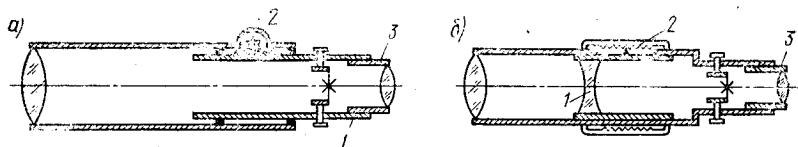


Рис. 51. Схемы зрительной трубы с внешней (а) и внутренней (б) фокусировками

По оптической схеме З. т. бывает с внешней (51, а) и внутренней (рис. 51, б) фокусировкой. Внешнюю фокусировку трубы по предмету осуществляют перемещением окулярного колена 1 с помощью кремальеры 2 (рис. 51, а), внутреннюю фокусировку — перемещением фокусирующей линзы 1 (рис. 51, б). Установка четкого изображения сетки нитей и в том и другом случае производится с помощью диоптрийного кольца 3. Земные зрительные трубы дают прямое изображение предмета благодаря оборачиваю-

щим системам, включенным в оптическую систему. На рис. 52 показан ход лучей в земной З. т. с оборачивающей системой призм Порро.

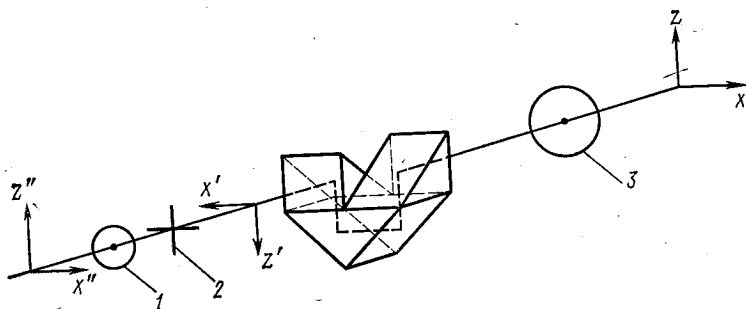


Рис. 52. Ход лучей в земной зрительной трубе:
1 — окуляр; 2 — сетка нитей; 3 — объектив

З. т. аналлатическая — зрительная труба с нитяным дальномером и выдвигающимся окулярным коленом. Поскольку при перефокусировке трубы фокусное расстояние объектива не изменяется, точка F' (см. рис. 38, а) называется аналлатической (не меняющей своего положения). Вследствие этого коэффициент нитяного дальмера $k = f/p$ и постоянная величина $c = \delta + f$ при перефокусировке трубы не изменяются.

В трубах с внутренней фокусировкой при перемещении фокусирующей линзы меняется эквивалентное фокусное расстояние объектива, и, следовательно, коэффициент дальмера k и постоянная величина c . Путем выбора фокусных расстояний объектива и фокусирующей линзы стремятся к тому, чтобы при изменении фокусировки изменение коэффициента дальмера компенсировало бы изменение величины c в пределах точности измерений. В некоторых конструкциях удается добиться того, что при любой фокусировке трубы изменения коэффициента дальмера не сказываются на точности измерений, величина c практически равна нулю. Зрительные трубы такого типа называют квазианаллатическими.

З. т. зеркально-линзовая — труба, в которой изображения строятся с помощью линз и сферических зеркал. Лучи от предмета проходят объектив 5 (рис. 53), отражаются зеркалом 3 и попадают на посеребренную центральную часть объектива, образующую зеркало 4, а затем через сетку нитей 2 попадают в окуляр 1. С одной стороны, применением зеркал достигается коррекция аберраций и в связи с этим высокое качество изображения по всему полю зрения трубы; с другой стороны, удастся получить короткие зрительные трубы большого увеличения.

З. т. искатель — вспомогательная зрительная труба с небольшим увеличением и относительно большим полем зрения, визирная ось которой параллельна визирной оси главной трубы. З. т. и. может быть использована для установки базисной рейки перпен-

дикулярно к линии, измеряемой параллактическим способом (см. дальномеры оптические*). Поэтому визирная ось З. т. и должна быть перпендикулярна передней плоскости рейки.

З. т. линзовая — труба, в которой изображения строятся с помощью линз. Объектив трубы сложный и представляет собой систему двух или более линз (рис. 54, а, б). Сочетание линз выби-

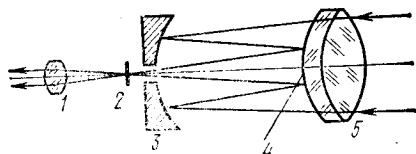


Рис. 53. Оптическая схема зеркально-линзовой зрительной трубы

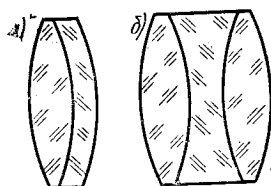


Рис. 54. Объективы зрительных труб:

а — ахроматический; б — апохроматический

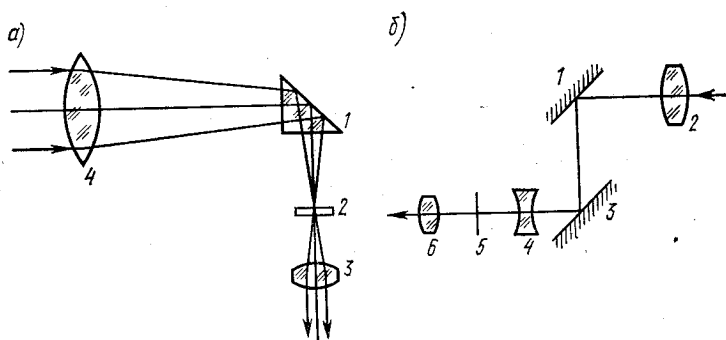


Рис. 55. Оптические схемы ломаной (а) и перископической (б) зрительных труб

рают таким образом, чтобы свести к минимуму сферические и хроматические aberrации. Это делается путем подбора показателей преломления стекла, из которого изготавливаются положительные и отрицательные линзы. В современных З. т. л. применяют телеобъективы, передний компонент которых состоит из двух или трех линз (апохромат), а задний — из подвижной отрицательной линзы для фокусировки. Такая конструкция позволяет сократить длину зрительной трубы.

З. т. ломаная — труба, у которой оптическая ось — ломаная линия. З. т. л. применяют для наблюдения объектов, расположенных высоко над горизонтом. Оптическая схема ломаной трубы (рис. 55, а) имеет призму 1, поворачивающую лучи, идущие из объектива 4, в направлении сетки нитей 2 таким образом, что в

окуляр 3 наблюдатель видит предметы под углом 90° к линии визирования.

З. т. перископическая — труба, в которой входящий и выходящий лучи смещены по высоте. З. т. п. применяют в некоторых типах нивелиров. Преимущества — ослабление влияния рефракции, так как визирный луч здесь проходит несколько выше, чем у нивелиров с обычной трубой. Оптическая схема перископической трубы (рис. 55, б) имеет объектив 2, зеркала 1 и 3, фокусирующую линзу 4, сетку нитей 5, окуляр 6.

В отдельных видах нивелиров с самоустанавливающейся визирной осью З. т. п. обеспечивает возможность работы компенсатора.

З. т. поверительная — дополнительная труба теодолита, устанавливаемая на его подставке (трегере). Ее применяют для наблюдения за положением основания, на котором установлен теодолит при выполнении высокоточных угловых измерений. Перед началом измерений З. т. п. наводят на точку, а в конце измерений проверяют положение точки в поле зрения трубы. Если точка сместилась в поле зрения, то с помощью окулярного микрометра З. т. п. можно определить угловую величину поворота основания и ввести поправку в измеренные горизонтальные углы (направления).

ИЗМЕРЕНИЯ РАВНОТОЧНЫЕ И НЕРАВНОТОЧНЫЕ.

И. равноточные — измерения, полученные в одинаковых условиях (например, применяемые мерные приборы одинаковы по качеству, метод измерений один и тот же, квалификация исполнителей одинакова и условия внешней среды не менялись в процессе измерений). **И. неравноточные** — измерения, выполняемые в разных условиях. При математической обработке неравноточных измерений предварительно рассчитывают или предполагают величину погрешности измерений и вычисляют их веса*.

ИЗОБАРЫ — линии, соединяющие на географической карте точки с одинаковым, для определенного момента, атмосферным давлением.

ИЗОБАТЫ — линии, соединяющие на карте точки с равными глубинами водоемов.

ИЗОГОНЫ — линии, соединяющие на карте точки земной поверхности с равным магнитным склонением.

ИЗЫСКАНИЯ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ — комплекс работ, проводимых с целью изучения топографических условий района строительства. Инженерно-геодезические изыскания включают: сбор и анализ ранее выполненных топографо-геодезических работ на участке строительства; создание или развитие геодезических сетей для выполнения топографических съемок и перенесения проекта сооружения на местность; производство крупномас-

штабных съемок, съемок подземных коммуникаций и сооружений; трассирование линейных сооружений; геодезическую привязку геологических выработок, геофизических и гидрологических створов; согласование с различными организациями вопросов отвода земель, обеспечения объекта строительства электроэнергией, газом, водой и другими видами жизнеобеспечения, а также мест примыкания подъездных дорог и других коммуникаций.

ИЗЫСКАНИЯ ИНЖЕНЕРНЫЕ — комплекс работ, проводимых для получения сведений, необходимых для выбора экономически целесообразного и технически обоснованного местоположения сооружения, для решения основных вопросов, связанных с проектированием, строительством и эксплуатацией сооружения.

И. экономические выполняют с целью обоснования рентабельности строительства объекта в данном месте. Они включают в себя изучение производственных условий района, транспортных связей, энергетических и сырьевых ресурсов и т. д.

И. технические выполняют с целью определения технических возможностей строительства объекта в данном месте. Они включают в себя топографо-геодезические, инженерно-геологические, гидрогеологические, почвенные и другие работы. При двухстадийном проектировании — наиболее распространенном в СССР — И. т. разделяют на предварительные (для составления технического проекта и сметной документации) и окончательные (для составления рабочих чертежей).

ИНВАР — сплав железа (64%) и никеля (36%), обладающий малым температурным коэффициентом линейного расширения [$(0,9-1,0) \cdot 10^{-6}$ на 1°] в диапазоне температур от -30 до $+100^\circ$. У разновидности И. — суперинвара, содержащего 64% железа, 31% никеля и 5% кобальта, коэффициент теплового расширения еще меньше — $(0,03-0,04) \cdot 10^{-6}$. В геодезии И. применяют для изготовления мерных проволок и рулеток, применяемых в базисных измерениях. Недостаток И. — его молекулярная неустойчивость: с течением времени изделия меняют свои размеры по некоторой затухающей кривой. Для сокращения сроков естественного старения И. подвергают специальной термообработке.

ИНВАРНАЯ ПРОВОЛОКА — мерная проволока, изготавливаемая из инвара и предназначенная для точных линейных измерений мерными приборами. На концах И. п. укрепляют шкалы длиной около 10 см с миллиметровыми делениями. В СССР применяют И. п. длиной 24 м, диаметром 1,6—1,7 мм. В процессе измерения на концы проволоки подвешивают на блочных станках с постоянным натяжением гири массой 10 кг. Сущность измерения расстояний И. п. сводится к измерению длины хорды с помощью дуги цепной линии, которую образует висящая проволока. До начала и после окончания измерений инварную проволоку компарируют.

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ — комплекс работ, проводимый для получения данных, необходимых

для размещения сооружения в плане и по высоте. Оно включает: размещение объекта строительства по площади, по высоте; ориентирование основных осей сооружений; проектирование рельефа; вычисление объемов земляных работ; выполнение расчетов, связанных с составлением проекта сооружений линейного вида (включая расчет горизонтальных и вертикальных кривых и составление продольного профиля будущей трассы), а также расчетов, необходимых для перенесения проекта в натуру; составление разбивочных чертежей, схем и т. д.

ИНСТРУКЦИИ ПО ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИМ РАБОТАМ — нормативные документы, регламентирующие объем и состав геодезических работ.

1. Инструкция о построении Государственной геодезической сети СССР. 2-е изд. — М.: Недра, 1966.

2. Дополнения и изменения по астрономическим определениям к «Инструкции о построении Государственной геодезической сети СССР», 1966. — М.: ГУГК, 1970.

3. Инструкция по нивелированию I, II, III и IV классов, 5-е изд. — М.: Недра, 1966.

4. Руководство по постройке геодезических знаков. — М.: Недра, 1969.

5. Руководство по применению стенных знаков в полигонометрических и теодолитных ходах. — М.: Недра, 1972.

6. Центры геодезических пунктов для территорий городов, поселков и промышленных площадок. — М.: Недра, 1972.

7. Инструкция по топографической съемке в масштабах 1 : 5000, 1 : 2000, 1 : 1000, 1 : 500. — М.: Недра, 1973.

8. Временная инструкция по производству топографо-геодезических и инженерно-геологических работ для объектов сельскохозяйственного строительства. — М.: Госстрой РСФСР, 1967.

9. Условные знаки для топографических планов масштабов 1 : 5000, 1 : 2000, 1 : 1000 и 1 : 500. — М.: Недра, 1969.

10. Инструкция по полевому контролю и оценке качества топографических работ инженерно-строительных изысканий. — М.: Госстрой РСФСР, 1971.

11. Положение о геодезическо-маркшейдерской службе в строительномонтажных организациях. — М.: Госстрой СССР, 1970.

12. Руководство по съемке и составлению планов подземных инженерных коммуникаций. — М.: Стройиздат, 1972.

13. Инструкция по топографо-геодезическим работам при изысканиях автомобильных дорог. — М.: Минтрансстрой, Союздорпроект, 1968.

14. Указания по инженерным изысканиям для мелиоративного строительства. — М.: Министерство мелиорации и водного хозяйства СССР, 1970.

15. Инструкция по инженерным изысканиям для линейного строительства (воздушные линии электропередачи). — М.: Госстрой СССР, 1971.

16. Строительные нормы и правила (III—2—75). Геодезические работы в строительстве.— М.: Госстрой СССР, 1976.

17. Строительные нормы (СН—212—73). Инструкция по топографо-геодезическим работам при инженерных изысканиях для промышленного, сельскохозяйственного, городского и поселкового строительства.— М.: Госстрой СССР, 1974.

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ ПОГРЕШНОСТИ — отклонения, существующие в реальном приборе, его частях и их компоновке, от идеальной (теоретической) схемы. И. п. делят на две группы: 1) погрешности, вызванные неточностью изготовления и сборки прибора и его частей; 2) погрешности компоновки, проявляющиеся в несоблюдении геометрической схемы прибора. И. п. первой группы выявляются в результате исследований прибора * и устраняются на заводах или в специальных мастерских. И. п. второй группы определяются в результате специально проводимых проверок геодезических приборов * и устраняются путем последующей юстировки или регулировки. Для геодезических приборов устанавливают пределы допустимых И. п. И. п. некоторых геодезических приборов приводятся ниже.

И. п. длин о м е р а — отклонения в номинале постоянного расстояния между фиксаторами прибора; в длине окружности мерного диска, возникающие вследствие изменения температуры; из-за неполного учета провеса проволоки при измерениях; погрешности результатов компарирования мерного диска, показаний счетчика в начале и конце прокатки мерного диска и т. д.

И. п. л е н т м е р н ы х и р у л е т о к — погрешности номинальной длины мерного прибора и определения коэффициента линейного расширения материала, из которого изготовлена рулетка.

И. п. н и в е л и р о в с к о м п е н с а т о р а м и (т и п а Н С) — погрешности в горизонте инструмента, обусловленные постоянным наклоном зрительной трубы; компенсации, вызываемые неточностью изготовления и юстировки подвесных систем; от перефокусировки зрительной трубы нивелира; от разворота отражательных поверхностей в нивелире; от смещения центра тяжести подвешенного элемента и др.

И. п. н и в е л и р о в с у р о в н я м и — погрешности, вызванные неточной и неравномерной шлифовкой внутренней поверхности ампулы уровня; несоблюдением главного условия — параллельности оси цилиндрического уровня и визирной оси зрительной трубы. При нивелировании из середины погрешность в превышении, вызванная невыполнением главного условия,

$$\Delta_{i''} = (D_3 - D_{II}) i'' / \rho'',$$

где D_3 и D_{II} — соответственно расстояния от нивелира до задней и передней реек; i'' — угол между визирной осью нивелира и осью цилиндрического уровня; $\rho'' = 206\,265''$.

И. п. с в е т о д а л ь н о м е р а — погрешности, вызванные непостоянством масштабной частоты и постоянной поправкой прибора.

Стабильность масштабной частоты в геодезических дальних расстояниях может быть обеспечена с точностью $1 \cdot 10^{-6}$. Погрешность в расстоянии, вызванная ошибкой в измерении домера фазового цикла, зависит от совершенства фазометра и от отношения сигнал/шум.

Относительная погрешность измеренного расстояния $\Delta D/D = \Delta\omega/\omega = \Delta f/f$, где $\omega = 2\pi f$; f — частота, Гц.

И. п. теодолита — неточное нанесение штрихов на лимбе и отсчетных приспособлениях, эксцентриситете алидады; погрешности в изготовлении и шлифовке отдельных деталей; взаимного расположения осей и плоскостей (см. поверки теодолитов *).

И. п. тахеометра и кипрегеля номограмного — неточное значение коэффициентов кривых для вычисления горизонтальных проложений и определения превышений. Погрешности в измеренном горизонтальном проложении и превышении находятся в прямой зависимости от точности определения указанных коэффициентов.

И. п. эккера — погрешность взаимного расположения зеркал или призм — вызывает погрешность в построении прямого угла. В зеркальных эккерах ее устраняют путем изменения угла между зеркалами. В призмных эккерах не устраняется. И. п. э. компенсируется построением прямого угла при двух положениях эккера.

ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ РАДИОВОЛН — явление, наблюдаемое при одновременном распространении в пространстве нескольких радиоволн, при котором возникает стационарное (или медленно изменяющееся) пространственное распределение амплитуды и фазы результирующих электромагнитных колебаний.

ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ СВЕТА — взаимное усиление или ослабление светового потока, возникающее при сложении двух и более световых волн, возникает в том случае, когда существует постоянное и не изменяющееся во времени (когерентное) соотношение между фазами световых колебаний.

ИНТЕРФЕРОМЕТР — оптический прибор, основанный на интерференции света, служащий для пространственного разделения двух световых лучей и создания между ними определенной разности хода с целью получения интерференционной картины. И. используют для компарирования механических мерных приборов (см. компаратор интерференционный) *.

ИССЛЕДОВАНИЯ И ПОВЕРКИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ — выполняют для выявления и устранения инструментальных погрешностей *. Исследованию подлежат значения постоянных прибора; точность нанесения штрихов на лимбе и отсчетных приспособлениях; качество изготовления зрительных труб и уровней; эксцентриситет алидады и др.

В результате исследований решается вопрос о пригодности прибора. Влияние некоторых из инструментальных погрешностей может быть в значительной степени ослаблено или исключено путем введения поправок в результаты измерений или применением со-

ответствующих методов и приемов работы с инструментом. Проверки инструмента необходимы для определения правильности сопряжения его отдельных частей в соответствии с геометрической схемой. Обнаруженные несоответствия устраняют регулировкой.

ИСТОЧНИКИ СВЕТА ДЛЯ ДАЛЬНОМЕРОВ — искусственные источники, превращающие энергию какого-либо вида в энергию оптического излучения.

В светодальномерах свет источника используют при передаче сигнала, необходимого для выполнения измерений. Наиболее важными характеристиками источника света являются: яркость и размеры поверхности излучающего тела, степень направленности излучения, спектральные характеристики лучистого потока, потребляемая мощность. По принципу действия источников различают:

И. с. тепловые — лампы накаливания. Свет излучается спиральной нитью, изготовленной из тугоплавкого металла. Тепловые источники удобны в эксплуатации, но обладают малой интенсивностью излучения. Излучение их некогерентно и рассеивается равномерно во все стороны.

И. с. газоразрядные — ртутные или аргоно-циркониевые дуговые газоразрядные лампы, в которых используют излучение газов или паров металла под действием электрического тока. По сравнению с И. с. тепловыми газоразрядные обладают яркостью, превышающей в несколько раз яркость ламп накаливания, более высоким КПД. Спектр излучения И. с. газоразрядных линейчатый, что облегчает выделение сигнала на фоне помех. Однако для зажигания газоразрядных ламп необходимо высокое напряжение.

И. с. лазерные — газовые, жидкостные, твердотельные и полупроводниковые лазеры. Для геодезических светодальномеров применяют в основном газовые и полупроводниковые лазеры, обладающие монохроматичностью и высокой направленностью излучения. Основными элементами любого лазера являются: активное вещество, резонатор (для создания режима генерации излучения) и система накачки (возбуждения).

В *газовых* лазерах — активной средой являются газы или смеси газов. Для геодезических целей наибольшее распространение получили гелий-неоновые лазеры, работающие в непрерывном режиме.

На рис. 56, а показана схема газового гелий-неонового лазера¹, излучающего на длине волны 0,6328 мкм. В газоразрядной трубке 4 находится смесь газов гелия и неона в соотношении 5 : 1 при давлении в газоразрядной трубке 1,1 мм рт. ст. Возбуждение активной среды производится электрическим разрядом под действием сильного электрического поля, приложенного между катодом 3 и анодом 5. Для поляризации излучения на концах трубки под углом Брюстера установлены плоскопараллельные прозрачные пластины

¹ Е. Г. Парамонова, А. Г. Юнусов. Геодезические работы в мелиоративном строительстве. М., Недра, 1981.

2 (окна Брюстера). Плоскополяризованное излучение используют в светодальномерах с модуляторами, основанными на двойном лучепреломлении. Резонатор из двух сферических зеркал 1 служит для создания условий генерации. Газовые гелий-неоновые лазеры обладают высокой монохроматичностью и малой расходимостью излучения ($1-10'$).

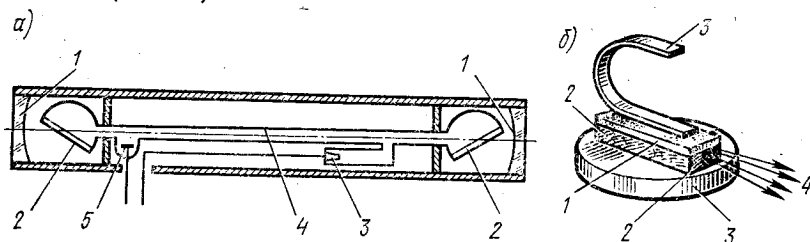


Рис. 56. Схемы газового (а) и полупроводникового (б) лазеров

В полупроводниковых лазерах в качестве активного вещества используют полупроводниковый кристалл (соединения элементов II, III, V и VI групп периодической системы элементов Д. И. Менделеева — галлий, сурьму, мышьяк, индий и т. д.). П. л. обладают малыми габаритами и высоким КПД — до 70%. При глубоком охлаждении они работают в непрерывном режиме, при комнатной температуре — в импульсном режиме. На рис. 56, б приведена схема полупроводникового лазера на GaAs (арсениде галлия). Генерация возникает в тонком переходном слое 1 ($p-n$ -переход) и распространяется в плоскости этого слоя. Для формирования и усиления излучения 4 служит резонатор, образованный полированными строго параллельными гранями 2 кристалла. Накачка осуществляется током через контакты 3. Вследствие неидеальности $p-n$ -перехода, малых размеров резонатора, сложности его обработки генерация света в различных его частях не полностью согласована по направлению, поэтому излучение полупроводниковых лазеров обладает большей расходимостью ($1-2^\circ$) и меньшей когерентностью, чем излучение газовых лазеров.

В светодиодах — полупроводниковых приборах, работающих в рекомбинационном режиме, — возникает некогерентное излучение. Их применяют в светодальномерах, предназначенных для измерения коротких расстояний.

Основные параметры источников излучения для светодальномеров приведены в табл. 9 и 10.

Таблица 9

Тип лампы	Напряжение питания, В	Потребляемая мощность, Вт	Световой поток, лм	Срок службы, ч
СГ-2	6	7,5	88	500
СЦ-43	6	15	165	100
СЦ-2	6	30	405	200
СЦ-96	9	75	1300	50

Таблица 10

Тип газового лазера	Мощность излучения, мВт	Размеры светового пучка на выходе, мм	Габаритные размеры излучателя, мм	Масса излучателя, кг	Масса блока питания, кг
ЛГ-56	2	2—3	354×72×58	1,8	5
ЛГ-75	25	4—5	1080×103×114	10	31
ОКГ-13	0,5	1,2	250×46×46	1,5	5

ИСХОДНЫЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ ПУНКТ — геодезический пункт, относительно которого определено положение других геодезических пунктов. В масштабах государства И. г. п. — начальный пункт астрономо-геодезической сети, в котором произведено ориентирование референц-эллипсоида * в теле Земли. В СССР И. г. п. — центр круглого зала Пулковской обсерватории. Геодезические координаты И. г. п. СССР были установлены из обработки результатов градусных измерений СССР и других стран с использованием материалов гравиметрической съемки.

ИСХОДНЫЙ (УСЛОВНЫЙ) ГОРИЗОНТ — плоскость, проходящая через верхнюю поверхность перекрытия подземной части сооружения. При выполнении геодезических работ на строительной площадке на И. г. создается геодезическая разбивочная сеть, точки которой проектируются на монтажные горизонты строящегося сооружения.

КАЛИБРОВКА ЗАДАЮЩЕГО ГЕНЕРАТОРА — процесс сравнения частоты исследуемого генератора с частотой какого-либо образцового частотомерного устройства.

Для приборов с плавным изменением частоты стабильность задающего генератора должна сохраняться на время между моментами фиксации разности фаз и моментом определения частоты модуляции с помощью частотомерного устройства. Для приборов с фиксированными частотами в качестве эталонов используют импульсный частотомер. Точность отсчета в таких частотомерах порядка 1 Гц.

От точности калибровки задающего генератора зависит точность измеряемого расстояния. При этом отклонение частоты от номинала в момент измерения дает систематическую погрешность определяемого расстояния. Величина допустимой погрешности ΔD_f не должна превышать $(0,2—0,3)m_D$, т. е.

$$\Delta D_f \leq |(0,2 \div 0,3)m_D|,$$

где m_D — общая допустимая средняя квадратическая погрешность измерения.

Эталонирование задающих генераторов полевых приборов, как правило, производится с точностью 1—2 Гц.

КАЛИБРОВКА ШКАЛЫ ВОЛНОМЕРА — процесс периодической проверки градуировки шкалы волномера. Волномеры обычно применяют в дальномерах с плавным изменением модулирующей частоты.

Погрешность измерения частоты гетеродинным волномером можно определить по формуле

$$m_f = \pm \sqrt{m_{к.в}^2 + m_{п.т}^2 + m_{н.г}^2 + m_{г.ш}^2 + m_{ср.ч}^2},$$

где $m_{к.в}$ — погрешность частоты кварцевого генератора; $m_{п.т}$ — погрешность калибровки частоты гетеродина на КПП; $m_{н.г}$ — погрешность нестабильности частоты гетеродина от момента калибровки до момента измерения; $m_{г.ш}$ и $m_{ср.ч}$ — погрешности градуировки шкалы волномера и сравнения измеряемой частоты с частотой гетеродина.

К. ш. в. предусматривает определение частоты для большого числа равноотстоящих делений на шкале волномера. Частоту рабочего генератора проверяют по частоте более стабильного кварцевого генератора методом нулевых биений. Нулевые биения соответствуют равенству или кратности частот генератора и кварцевого генераторов. Отсчеты по волномеру для частот гетеродина, кратные частотам кварцевого генератора, называют *кварцевыми поверочными точками* (КПТ). На всем диапазоне шкалы волномера берут несколько КПТ с таким расчетом, чтобы между двумя соседними КПТ можно было проводить линейное интерполирование частоты.

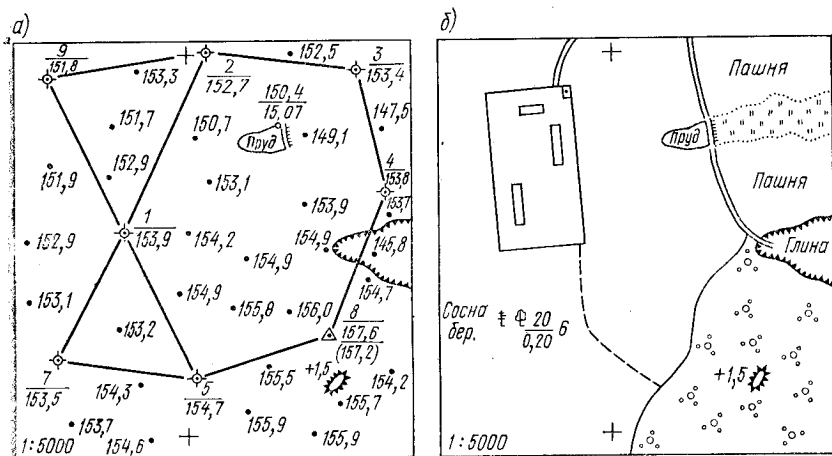


Рис. 57. Кальки высот (а) и контуров (б)

КАЛЬКА ВЫСОТ (рис. 57, а) — геодезический документ, составляется в процессе мензульной съемки для того, чтобы зафиксировать и легко разыскать все точки геодезического обоснования, переходные точки, а также реечные точки, отметки которых записаны в журнале, отметки урезов воды и др.

КАЛЬКА КОНТУРОВ (рис. 57, б) — геодезический документ, составляется в процессе мензульной съемки для того, чтобы избежать потери деталей съемки, не допустить искажений или неправильного наименования снятых объектов при вычерчивании планшета, не пропустить какой-либо объект. К. к. составляют на кальке, на которую тушью наносят все элементы ситуации и рельефа, не выражающиеся горизонталями (промоины, обрывы и т. д.). На кальке надписывают названия населенных пунктов, урочищ, рек, озер, числовые характеристики лесов (например, $\frac{20}{0,20} 6$), дорог, курганов (+1,5), ям и т. д.

КАРТА — уменьшенное, обобщенное и построенное по определенным математическим законам (законам картографических проекций) изображение значительных участков земной поверхности или всей земной поверхности на плоскости. Масштаб карты в разных ее точках различен. Он сохраняется только по главным направлениям (обычно вдоль некоторых меридианов и параллелей) и называется главным. На карту обычно наносят сетку географических координат — линии меридианов и параллелей. Карты условно подразделяют на крупномасштабные (1 : 100 000 и крупнее), среднемасштабные (1 : 200 000—1 : 1 000 000) и мелкомасштабные — мельче 1 : 1 000 000. По содержанию карты делят на географические, топографические и специальные.

К. батиметрическая — морская или речная навигационная — отображает подводный рельеф при помощи изобат* — линий равных глубин. При проведении изобат на морях без приливов глубины отсчитывают от среднего уровня моря; на морях с приливами — от уровня наибольшего отлива; на озерах — от условного нуля футштока*.

К. б л а н к о в а я — географическая карта с ограниченной нагрузкой, на которой показаны лишь основные элементы местности.

К. к о т и д а л ь н ы х л и н и й — специальная морская карта, на которой проведены К. л., показывающие распространение гребня приливной волны через каждый час, отсчитываемый от какого-то условного момента времени. Иногда К. л. обозначают совокупность точек, в которых одновременно наблюдаются высокие или малые воды.

К. с и т у а ц и о н н а я (к о н т у р н а я) — карта, на которой показывают ситуацию местности без изображения рельефа.

К. р е л ь е ф н а я — специальная карта, на которой рельеф показан выпукло, в более крупном масштабе, чем масштаб самой карты. К. р. изготавливают из пластика или картона на основе топографических или географических карт.

К. т о п о г р а ф и ч е с к а я — крупномасштабная (до 1 : 100 000) карта, на которой с возможной полнотой и точностью показаны ситуация и рельеф местности. Полнота нагрузки К. т. должна быть такой, чтобы она не затрудняла чтение карт и пользование ими.

К. топографическая обзорная — карта масштаба 1 : 200 000 — 1 : 1 000 000, полученная на основе крупномасштабных карт путем генерализации (сскращения и обобщения) их содержания.

КАРТОГРАММА ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ ИЗУЧЕННОСТИ ТЕРРИТОРИИ — специальная карта, на которой условными знаками показаны существующие пункты геодезических сетей, а штриховкой или окраской отмечены участки местности, покрытые съемками того или иного масштаба, с указанием года съемки и ее обновления. Ее составляют для учета и планирования топографо-геодезических работ.

КАРТОГРАФИЯ — наука о географических картах, методах их составления, редактирования, издания и использования. К. решает вопросы выбора и разработки картографических проекций, изучения и оценки материалов, по которым составляется карта, составления оригиналов карт, издания карт, исправления и дополнения существующих карт.

КАТАЛОГ КООРДИНАТ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ПУНКТОВ — список координат пунктов геодезической сети, в котором указывают: название и класс пунктов, прямоугольные координаты и высоты, дирекционные углы и расстояния до смежных пунктов. К.к.г.п. сопровождается схемой геодезической сети и схематическими чертежами расположения пунктов на местности (табл. 11).

Таблица 11

Номер или название	Класс	x , м	y , м	H , м	α	S , м	Номер или название смежного пункта
110	III	125,30	75,86	12,303	$1^{\circ}12'32''$	125,40	111

КИПРЕГЕЛЬ — геодезический прибор для прочерчивания направлений и определения расстояний и превышений при мензульной съемке (рис. 58). Основные части К.: зрительная труба 1 с вертикальным кругом 2 и металлическая линейка 4. В настоящее время применяют кипрегели-автоматы, позволяющие из отсчетов по рейке без промежуточных вычислений получать превышения и горизонтальные проложения (при необходимости можно производить отсчеты по вертикальному кругу, а превышения определять по формулам тригонометрического нивелирования). Для облегчения построения направлений используют дополнительную подвижную линейку 8, которая перемещается относительно основной линейки 4, оставаясь параллельно самой себе.

После ориентирования мензульной доски (планшета) кипрегель наводят на точку местности, определяют по рейке превышение и

горизонтальное проложение и откладывают последнее вдоль подвижной линейки 8 в соответствующем масштабе с помощью циркуля-измерителя, предварительно совместив линейку с точкой, над которой установлена мензула.

КОЛЛЕКТОР (в строительстве) — устройство, предназначенное для сбора и отвода сточных вод из бассейна канализования. Современные К. сооружают из крупных сборных элементов: бетонных, железобетонных и керамических блоков и труб.

К. бассейна канализования — принимает сточные воды из канализационной сети одного бассейна;

К. главный — собирает сточные воды из двух или нескольких бассейновых К.;

К. отводящий — отводит сточные воды транзитом (без присоединения) за пределы объекта канализования, к насосным станциям, очистным сооружениям или выпускам в водоемы.

КОЛЛИМАТОР — устройство, формирующее узкий параллельный пучок лучей (электромагнитное излучение) или частиц (атомов, электронов, элементарных частиц). К. состоит из трубы с ахроматическим зеркально-линзовым объективом, в фокальной плоскости которого помещается сетка или мира, освещаемая сильным источником света точечных ламп. Пучок лучей, выходящий из точки F , после прохождения объектива становится параллельным оптической оси (рис. 59).

КОЛЛИМАЦИОННАЯ ПЛОСКОСТЬ ЗРИТЕЛЬНОЙ ТРУБЫ — образуется при вращении визирной оси зрительной трубы вокруг ее горизонтальной оси. Если визирная ось зрительной трубы VV' прибора не перпендикулярна горизонтальной оси HH_1 (рис. 60), т. е. занимает положение V_1V_1' или V_2V_2' , то возникает коллимационная погрешность, определяемая углом отклонения с визирной оси VV' от перпендикуляра к оси HH_1 . При наличии коллимационной погрешности визирная ось прибора описывает коническую поверхность с вершиной в точке O пересечения визирной

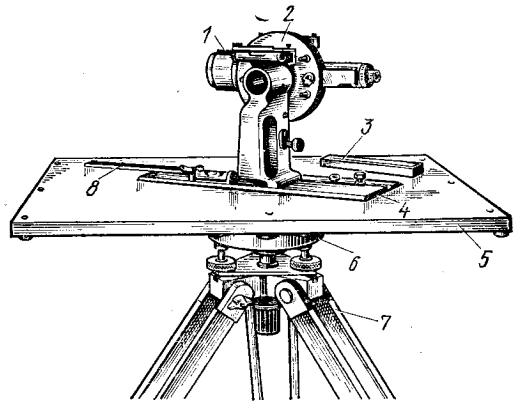


Рис. 58. Кипрегель с мензулой:

1 — зрительная труба; 2 — вертикальный круг; 3 — ориентир-буссоль; 4 — металлическая линейка; 5 — мензульная доска; 6 — подставка; 7 — штатив; 8 — подвижная линейка

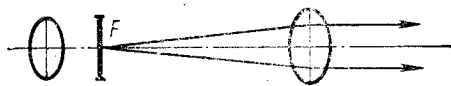
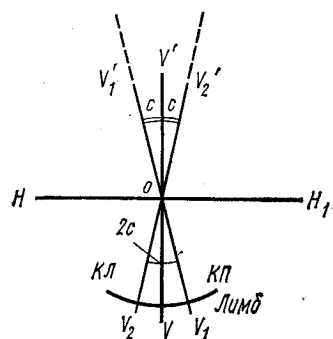


Рис. 59. Оптическая схема коллиматора

оси и оси HN_1 . Расхождение между отсчетами при $KП$ и $KЛ$ представляет собой двойную коллимационную ошибку (погрешность) $2c$.

КОМПАРАТОР — измерительный прибор, предназначенный для сравнения измеряемой величины (рабочей длины мерного прибора) с эталоном. В результате сравнения определяют поправку к рабочей длине мерного прибора при известной температуре компарирования.



К. интерференционный — предназначен для сравнения длины мерного прибора с помощью интерференции света. Основными частями К.и. являются два зеркала, закрепленных параллельно друг другу на специальных подставках. Над каждым из них расположен микроскоп-микrometer. Между зеркалами устанавливают кварцевый жезл, длина которого известна с высокой точностью. Расстояние между зеркалами (24 м) определяют путем оптического сложения и умножения исходного расстояния l_0 при помощи интерференции света. Отстояние осей микроскопов-микromетров от зеркал

заранее измеряют с высокой точностью. Длину мерного прибора сравнивают с расстоянием между осями микроскопов-микromетров. Точность измерений на К.и. порядка $2,5 \cdot 10^{-7}$.

К. оптико-механический — предназначен для сравнения длин мерных приборов. Его оборудуют в специальном помещении, в котором устанавливаются прочные бетонные столбы. На столбах отвесно, в одной вертикальной плоскости, закрепляют микроскопы-микromетры. Расстояние между осями соседних микроскопов-микromетров измеряют при помощи образцового жезла известной длины. Жезл перемещают вдоль K . на тележке по рельсовому пути. Длину мерного прибора сравнивают с расстоянием между осями крайних микроскопов-микromетров. Точность измерения на K . о-м. около $5 \cdot 10^{-7}$.

Для компарирования мерных приборов невысокой точности используют горизонтальный стол, на котором штрихами обозначены известные расстояния. Расстояния между штрихами измеряют образцовой лентой. Длину мерного прибора сравнивают с расстоянием между штрихами.

К. полевой — предназначен для сравнения мерных приборов на относительно ровной местности в условиях, сходных с условиями рабочих измерений. Длину K . п. берут кратной 24 м в пределах 120—240 м. Для электромагнитных дальномеров длину K . п. увеличивают в 5—8 раз.

Если компарирование выполняют непосредственно по земле, то местность предварительно расчищают. Концы компаратора, а так-

же некоторые промежуточные точки закрепляют прочными долговременными знаками, как правило, бетонными монолитами. Центры знаков должны быть четко обозначены. Длину компаратора предварительно измеряют точными мерными приборами, например инварными проволоками.

Процесс компарирования сводится к сравнению рабочих и образцовых мерных приборов. *Рабочими* называют мерные приборы, применяемые для непосредственного измерения расстояний, а *образцовыми* — приборы, с помощью которых определяют длину рабочих мер. Компарирование лент, рулеток и проволок выполняют путем четырехкратного измерения длины компаратора (два раза в прямом и два раза в обратном направлениях). Рабочую ленту при компарировании натягивают с помощью динамометра с силой 100—150 Н. Во время компарирования измеряют температуру воздуха и угол наклона местности.

К. с т а ц и о н а р н ы й — предназначен для компарирования подвесных мерных приборов — проволок и рулеток. Как правило, К.с. располагают в специальных метрологических лабораториях, где сравнивают длины проволоки или рулетки с длиной эталона (нормальной мерой).

КОМПАРИРОВАНИЕ МЕРНЫХ ПРИБОРОВ — процесс сравнения рабочих и образцовых мерных приборов. В инженерной геодезии линейные измерения выполняют: а) лентами, рулетками или подвесными мерными приборами; б) оптическими дальномерами; в) электромагнитными дальномерами. Для каждого из названных видов линейных измерений существует свой способ компарирования.

При измерении расстояний мерными лентами и рулетками перед началом работ производят К. м. п. на оптико-механическом или интерференционном компараторах. Для повышения точности линейных измерений компарирование рабочих мерных приборов целесообразно периодически выполнять в полевых условиях на полевом компараторе. При этом длину рулеток определяют, как правило, не только между крайними штрихами, но и частями, чтобы знать истинное положение любого штриха относительно нулевого.

Компарирование оптических дальномеров сводится к определению коэффициентов дальномера на полевом компараторе перед началом и после окончания работ.

Компарирование электроннооптических дальномеров осуществляют в организациях, имеющих частотоизмерительные устройства. Для визуальных приборов с плавным изменением частоты составляют калибровочные таблицы, определяют частоту кварцевых поверочных точек (КПТ) и т. д. Для приборов с фиксированными частотами и фотоэлектрической регистрацией светового потока определяют стабильность каждой из фиксированных частот и производят калибровку линии задержки. Показателем надежности работы электромагнитных дальномеров в полевых условиях является не-

большой разброс между результатами измерений, полученных для каждой частоты при повторных наблюдениях.

КОМПАС МАГНИТНЫЙ — прибор, служащий для определения сторон света и измерения на местности магнитных азимутов. Основные части К. м. — магнитная стрелка, свободно вращающаяся на стальной игле, и кольцо — лимб с угловыми делениями. Под влиянием магнитного поля Земли стрелка сама устанавливается в направлении магнитного меридиана. Для измерения азимута направления на какой-либо предмет местности совмещают нулевое деление кольца с северным концом магнитной стрелки, направляют визирное устройство на предмет и против визирной мушки считывают по лимбу значение азимута. Точность измерения магнитного азимута 3—5°.

КОМПАС СОЛНЕЧНЫЙ — навигационный прибор, предназначенный для контроля показаний магнитного компаса в местности, где магнитное склонение неизвестно или горизонтальная составляющая магнитного поля Земли слишком мала, например в Арктике. Изображение Солнца улавливается на экране, перемещаемом часовым механизмом со скоростью, соответствующей скорости перемещения Солнца. Визирное приспособление наклоняется на угол склонения Солнца, а корпус — на угол, равный широте места, причем ось вращения визирного приспособления располагается параллельно земной оси и вращается часовым механизмом с угловой скоростью 1 об/сут. При передвижении стрелок часов одновременно поворачивается визирное приспособление. При изменении долготы места в показаниях К. с. вносят поправку. Точность определения азимута ~ 1°.

КОМПЕНСАТОР НИВЕЛИРА ГИДРОМЕХАНИЧЕСКОГО представляет собой сосуд, площадь поперечного сечения которого в несколько раз больше площади поперечного сечения шланга, соединяющего компенсатор и мановакуумметр, за счет чего возможные значительные изменения объема жидкости в шланге компенсируются ничтожно малыми изменениями высоты уровня жидкости в компенсаторе. Изменения объема жидкости в шланге и компенсаторе вызывают необходимость введения поправок в полученные превышения, что не всегда удобно, поэтому при конструировании нивелира гидромеханического стремятся к тому, чтобы коэффициенты объемного расширения материалов шланга, компенсатора и жидкости были близки между собой.

КОНДЕНСАТОР КЕРРА — устройство, применяемое в качестве оптического затвора или модулятора света (рис. 61). К. К. представляет собой стеклянный сосуд, заполненный нитробензолом. В сосуд впаяны два электрода. Рабочая часть электродов — хорошо отполированная плоскость, а пространство между ними представляет собой щель в виде правильного прямоугольника или трапециевидальной призмы.

При отсутствии электрического напряжения на электродах нитробензол, находящийся между электродами, оптически изотропен, так как его биполярные молекулы ориентированы хаотично. В этом случае свет, прошедший через поляризатор и имеющий колебания в плоскости его оси, пройдет без изменения характера поляризации через конденсатор Керра и погасится анализатором.

При подключении к электродам напряжения нитробензол становится оптически анизотропным; биполярные молекулы нитробензола ориентируются в направлении силовых линий электрического

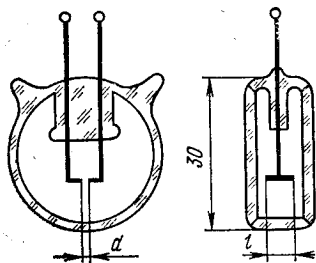


Рис. 61. Схема конденсатора Керра

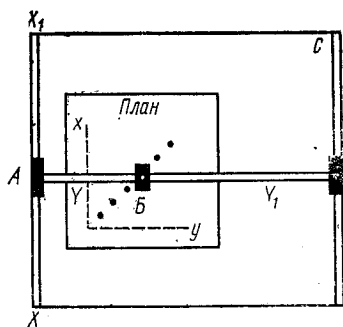


Рис. 62. Схема координатографа
 x и y — оси координат на плане

поля. Луч света, прошедший поляризатор, расщепляется и проходит в анизотропной среде в двух взаимно перпендикулярных направлениях: обыкновенный луч — в плоскости силовых линий поля, необыкновенный луч — в плоскости, перпендикулярной к силовым линиям поля. Оба луча распространяются с разной скоростью. На выходе из нитробензола, заполняющего щель между электродами, они имеют разность фаз колебаний

$$\Psi = 2\pi B l E^2 / (300^2 d^2),$$

где B — постоянная Керра (зависит от температуры вещества и длины волны света); l — длина электродов по ходу луча, м; E — напряжение, подключенное к электродам; d — толщина щели между электродами, м.

Так как обыкновенный и необыкновенный лучи когерентны, то они интерферируют. Если разность фаз равна 180° , то результирующий вектор колебаний изменяет свою ориентировку на 90° по отношению к оси поляризатора, т. е. становится параллельным оси анализатора, и свет проходит через него.

При подключении к электродам переменного напряжения, амплитуда которого изменяется от нуля до критического напряжения E_m , для которого сдвиг фаз $\Psi = 180^\circ$, будет изменяться и прозрачность ячейки Керра, а световой поток будет выходить из анализатора модулированным по амплитуде.

КОНТРОЛЬНАЯ ЛИНЕЙКА — металлическая, чаще латунная, реже инварная, линейка треугольного сечения, длиной несколько более метра. На двух скошенных симметричных краях линейки нанесены шкалы, одна из которых имеет цену деления 0,2 мм, другая — 1 мм (реже 0,5 мм). В верхнее ребро жесткости вмонтирован термометр. Это ребро служит направляющей для двух микроскопов 20-кратного увеличения, передвигаемых над шкалами.

В паспорте указано уравнение линейки, т. е. ее длина, постоянная и температурная поправки. Погрешность измерений контрольной линейкой примерно 0,05 мм.

КОНТУРНАЯ ТОЧКА — точка объекта на земной поверхности, расположенная на его границе. Ряд К.т. определяют плановое положение объекта и дают представление о его форме. Расстояние между контурными точками при съемке зависит от формы объекта местности, а также от масштаба съемки. Средние ошибки в положении на плане предметов и контуров местности с четкими очертаниями относительно ближайших точек съемочного обоснования не должны превышать 0,5 мм в масштабе плана.

КООРДИНАТОГРАФ — прибор для быстрого и точного нанесения (снятия) на составляемую карту или план точек по их прямоугольным координатам. К. состоит из станины (рис. 62), на которой закреплена направляющая линейка с делениями — ось абсцисс XX_1 , вдоль которой перемещается каретка А, несущая линейку с делениями, — ось ординат YY_1 . На оси ординат располагается подвижная каретка В с укрепленной на ней иглой для накалывания точек.

К. электронные — снабжены счетно-решающим устройством, позволяющим получать координаты искомым точек и выдавать их значение на световом табло, а также автоматически наносить на план точки по их прямоугольным координатам. Электронный К. может автоматически вычерчивать и гравировать координатные линии.

КООРДИНАТЫ — числа, заданием которых определяется положение точки на плоскости, поверхности или в пространстве. В геодезии широко распространены астрономические, геодезические, прямоугольные и полярные К.

К. астрономические — угловые величины φ и λ , определяющие положение точки земной поверхности относительно плоскости, перпендикулярной оси вращения Земли PP_1 и плоскости начального астрономического меридиана (рис. 63). *Астрономическая широта* φ — угол, составленный направлением отвесной линии в данной точке с плоскостью земного экватора; отсчитывается к се-

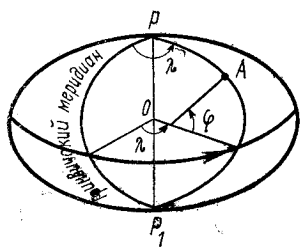


Рис. 63. Координаты астрономические

веру и югу от экватора и соответственно называется северной или южной широтой. *Астрономическая долгота* λ — двугранный угол между плоскостью астрономического меридиана данной точки и плоскостью начального астрономического меридиана; отсчитывается на восток или запад от начального меридиана и соответственно называется восточной и западной долготой.

К. а. определяются из астрономических наблюдений.

К. геодезические — величины, определяющие положение точки земной поверхности на референц-эллипсоиде*: широта, долгота, высота. *Геодезическая широта* B — угол, составленный направлением нормали к эллипсоиду в данной точке с плоскостью геодезического экватора. *Геодезическая долгота* L — двугранный угол между плоскостью геодезического меридиана данной точки и плоскостью начального геодезического меридиана. *Геодезическая высота* H — высота точки над поверхностью эллипсоида — расстояние, отсчитанное по нормали от данной точки до поверхности эллипсоида.

К. г. вычисляют по результатам геодезических измерений на местности и спроектированных на поверхность референц-эллипсоида. Они отличаются от астрономических координат на величины, зависящие от несовпадения нормалей к эллипсоиду в данных точках и отвесных линий. Природа уклонений отвесных линий* объясняется неравномерным распределением масс в теле Земли и погрешностями ориентирования эллипсоида.

К. географические — величины, обобщающие две системы координат — астрономическую и геодезическую; используют в тех случаях, когда уклонение отвесных линий от нормалей к эллипсоиду не учитывается.

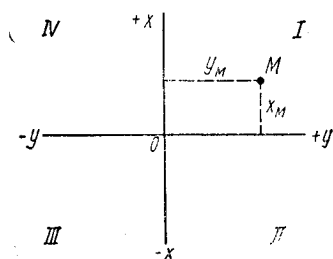


Рис. 64. Плоская прямоугольная система координат

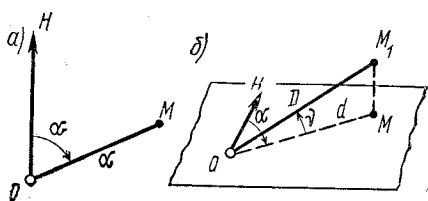


Рис. 65. Полярные координаты на плоскости (а) и в пространстве (б)

К. плоские прямоугольные — величины, используемые при проектировании небольших участков земной поверхности на плоскость. Для определения положения точек используют систему К.п.п. из двух взаимно перпендикулярных линий (рис. 64), лежащих в горизонтальной плоскости. Одну из этих линий обычно совмещают с меридианом точки O , принятой за начало координат, и

называют осью абсцисс x с положительным направлением на север, другую — осью ординат y с положительным направлением к востоку. В этой (левой) системе координат четверти нумеруют по ходу часовой стрелки (1—4). При произвольном выборе координатных осей подобную систему координат называют *частной (условной)*.

К. полярные на плоскости — величины, определяющие положение точки M земной поверхности относительно произвольно выбранного полюса O системы (рис. 65, а) и некоторого начального направления OH . К. п. точки M являются горизонтальный угол α , отсчитываемый по ходу часовой стрелки, и горизонтальное расстояние d . К. полярные в пространстве точки M (рис. 65, б): горизонтальный угол α , расстояние D и угол наклона γ линии OM к горизонту.

КОРРЕЛЯЦИЯ — взаимосвязь, взаимозависимость, соотношение явлений или понятий. В математической статистике существует вероятностная или статистическая корреляционные зависимости.

В отличие от функциональной корреляционная зависимость возникает тогда, когда одно из событий зависит не только от данного второго события, но и от ряда случайных факторов. Для оценки тесноты корреляционной связи между группами событий x_i и y_i корреляционную зависимость изображают графически. Если зависимость между событиями близка к линейной, то тесноту связи характеризуют коэффициентом корреляции

$$r = \sum_1^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) / [(n-1) \sigma(x) \sigma(y)],$$

где n — число пар событий; \bar{x} и \bar{y} — математические ожидания событий x_i и y_i или средние арифметические значения измеряемой величины; $\sigma(x)$, $\sigma(y)$ — стандарты рядов x_i и y_i или средние квадратические погрешности m_x , m_y .

КОЭФФИЦИЕНТ ЗЕМНОЙ РЕФРАКЦИИ — отношение среднего радиуса Земли R к радиусу рефракционной кривой R_1 , т. е. $K = R/R_1$.

Величина К. з. р. в значительной степени зависит от условий внешней среды. Средняя величина К. з. р. для равнинных и горных районов соответственно:

$$K_{cp1} = 16,31 p / (273^\circ + t)^2; \quad K_{cp2} = 18,56 p / (273^\circ + t)^2,$$

где p — атмосферное давление, мм рт. ст.; t — температура воздуха, °С. В среднем $K = 0,16$.

КОЭФФИЦИЕНТ НИТЯНОГО ДАЛЬНОМЕРА — отношение эквивалентного фокусного расстояния f объектива зрительной трубы к расстоянию p между дальномерными нитями (см. рис. 38, а), т. е. $K = f/p$.

Простейший нитяной дальномер с постоянным углом — зрительная труба, в поле зрения которой находятся две постоянные верти-

кальные или горизонтальные нити, расположенные на равных расстояниях по обе стороны от средней нити. Для современных геодезических приборов технической точности обычно используют следующие параметры: $f=200$ мм, $p=2$ мм, $K=100$.

КРЕМАЛЬБЕРА — специальное устройство зрительной трубы, служащее для перемещения фокусирующей линзы, закрепленной на трубочке, расположенной внутри зрительной трубы прибора.

К. состоит из кольца, расположенного снаружи корпуса зрительной трубы, внутренней трубочки с фокусирующей линзой и винтовой нарезки, связывающей кольцо и трубочку.

КРУГОВЫЕ КРИВЫЕ ГОРИЗОНТАЛЬНЫЕ — обеспечивают плавное движение транспорта в местах поворота трассы между двумя смежными прямыми участками. В качестве К.к.г. принимают дуги окружностей заданных радиусов. Для трасс с большими скоростями транспорта прямые участки и конечные точки К.к.г. дополнительно сопрягаются переходными кривыми переменного радиуса.

Основные элементы К. к. г. (см. рис. 33): угол отклонения трассы φ — измеряют на местности; радиус кривой R — выбирают в зависимости от условий местности и технических условий проектирования трассы; тангенс T , длина кривой K , биссектриса B и домер D — находят по специальным «Таблицам для разбивки кривых» или вычисляют по формулам

$$T = R \operatorname{tg}(\varphi^\circ/2), \quad K = R \pi \varphi^\circ/180^\circ; \quad B = R [\sec(\varphi^\circ/2) - 1];$$

$$D = 2T - K = R [2 \operatorname{tg}(\varphi^\circ/2) - \pi \varphi^\circ/180^\circ].$$

КРУГОВЫЕ КРИВЫЕ ВЕРТИКАЛЬНЫЕ — лежат в вертикальной плоскости, обеспечивают плавное движение транспорта в местах перелома проектной линии профиля, а также видимость дороги и встречного транспорта. Основные элементы К. к. в. (рис. 66):

$$T = R(i_1 + i_2)/2; \quad B = T^2/(2R); \quad K = R(i_1 - i_2),$$

где R — радиус вертикальной кривой; i_1 и i_2 — встречные уклоны сопрягаемых участков проектной линии.

Положение любой точки профиля на К. к. в. можно задавать прямоугольными координатами x и y : Абсциссы x откладывают от начала и конца кривой к вершине угла $ВУ$ через определенное число метров. Ординаты вычисляют по формуле $y = x^2/(2R)$ или берут из «Таблиц для разбивки кривых» и вводят как поправку к проектной отметке продольного профиля со знаком «плюс», если

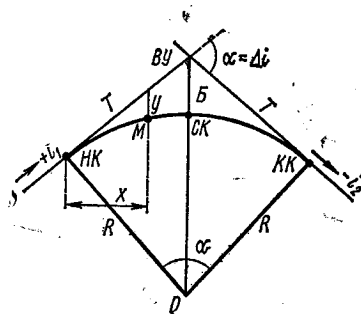


Рис. 66. Схема вертикальной круговой кривой

К. к. в. вогнутая ($H_p = H_p' + y$), и со знаком «минус», если К. к. в. выпуклая ($H_p = H_p' - y$), где H_p — рабочая отметка точки M ; H_p' — рабочая отметка точки M , вычисленная по проектному уклону; y — поправка.

КРУТИЗНА СКАТА — угол, образуемый направлением ската AB и горизонтальной плоскостью. Мерой крутизны ската служит угол наклона v или уклон i , равный тангенсу угла наклона (рис. 67, а), $i = \operatorname{tg} v = h/d$, где h — высота сечения рельефа; d — заложение. Уклон может быть положительным или отрицательным в зависимости от знака превышения; выражается обычно в тысячных долях единицы или в процентах.

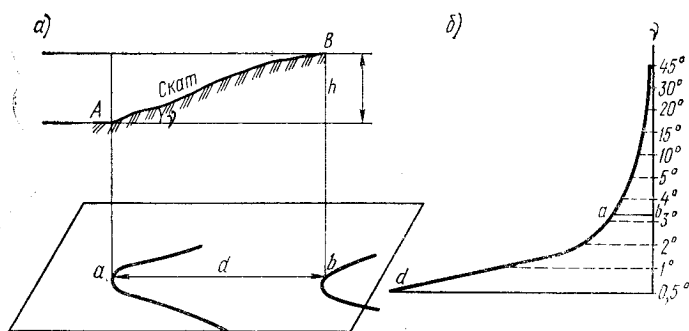


Рис. 67. Крутизна ската (а) и график заложений для углов наклона (б)

Для определения К. с. на карте или плане пользуются специальным *графиком заложений*, который может быть построен для уклонов или углов наклона (рис. 67, б). Кривая на графике соединяет концы отрезков, равных величине заложения в масштабе плана (для соответствующего уклона или угла наклона). Раствором циркуля с плана берут заданное заложение ab , находят на графике равный ему отрезок и отсчитывают значение уклона (угла наклона), интерполируя доли его на глаз.

КРУЧЕНИЕ ЗНАКА (сигнала) — наблюдается при продолжительных измерениях со столика геодезического сигнала под воздействием температуры. Для ослабления влияния К. з. на результаты измерений изменяют последовательность наблюдений предметов в полуприемах, располагая их симметрично во времени относительно среднего момента приема. Кроме того, при высокоточных наблюдениях для контроля используют дополнительные поверительные трубы, с помощью которых регистрируют К. з. и вносят необходимые поправки в результаты измерений.

КУРВИМЕТР — прибор для измерения длины кривых линий на топографических картах и планах (рис. 68). На циферблате К. нанесена круговая шкала, имеющая 100 делений. Одно деление шкалы соответствует прокатке колесиком q на бумаге пути длиной 1 см.

Перед измерением устанавливают стрелку на начальный штрих и ведут колесико q по кривой. Сделанный в конце обвода отсчет переводят в метры с учетом масштаба плана.

ЛАЗЕР — оптический квантовый генератор (ОКГ) — «Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation», что означает «усиление света в результате вынужденного излучения». Начальные буквы этой фразы образуют слово «Лазер». Основные компоненты ОКГ — активное вещество и резонатор.

Если привести активное вещество в возбужденное состояние, то частицы его будут излучать свет. Для синхронизации излучения имеется резонатор.

Сущность работы лазера заключается в следующем. По современным представлениям о строении материи вокруг положительно заряженного ядра атома на разных орбитах вращаются электроны. Расстояние орбиты от ядра зависит от энергетического уровня, на котором находится электрон, т. е. от запаса энергии, которой он обладает. Переход электрона с одного энергетического уровня на другой осуществляется скачком. При этом, переходя с верхнего на нижний уровень, электрон излучает энергию, а получив необходимую дозу ее, переходит с нижнего на более высокий энергетический уровень. От разности энергий на низшем и высшем уровнях зависит длина волны излучения.

Перевод электронов на верхний энергетический уровень осуществляют либо путем облучения рабочего вещества световым потоком, либо пропусканием через него электрического тока, либо столкновением его частиц.

Возвращение электронов на нижний энергетический уровень также осуществляется различными путями. Оно может быть самопроизвольным — спонтанным, так как время существования возбужденного атома около 10^{-8} с. Оно может быть и вынужденным. Для этого на электрон, занимающий верхний энергетический уровень, нужно воздействовать излучением той же длины волны, на которой он сам излучает энергию при переходе на нижний уровень.

Активные вещества, применяемые в ОКГ, — это вещества, способные накапливать электроны на некотором энергетическом уровне. Атомы (молекулы, ионы) этих веществ могут находиться: 1) в стабильном (основном), 2) в нестабильном (возбужденном) и 3) метастабильном состояниях.

Сообщив частицам активного вещества энергию, переводят их в возбужденное состояние, из которого они спонтанно переходят в промежуточное — метастабильное состояние. При этом излучается некоторое количество энергии. Так как время жизни метастабильного состояния значительно больше времени жизни возбужденного

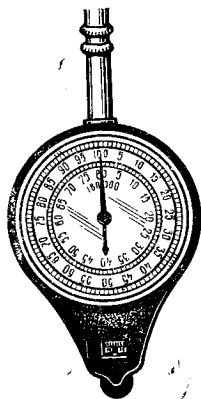


Рис. 68. Курвиметр

состояния, то происходит накопление частиц на метастабильном уровне. При переходе из метастабильного состояния в стабильное часть выделяемой энергии поглощается частицами нижнего энергетического уровня, которые приводятся в возбужденное состояние, остальная энергия излучается. Создание на верхнем уровне избытка частиц, необходимого для осуществления излучения, обеспечивается «накачкой» активного вещества — приведением его частиц в возбужденное состояние.

Резонатор, обеспечивающий синхронизацию излучения частиц, состоит из двух отражателей, между которыми помещают активное вещество, излучающее свет. Отражатели устанавливают так, чтобы излучение, направленное вдоль оси резонатора, многократно отразилось зеркалами, вызывая переход частиц вещества из метастабильного состояния в основное, а вместе с ним и излучение новых порций энергии. Такая установка отражателей создает резонанс в излучении, т. е. высокую его когерентность.

Если один из отражателей полупрозрачный, то через него выходит монохроматический пучок излучения, остро направленный и малорассеивающийся в пространстве.

В зависимости от активного вещества различают Л. твердотельные, жидкостные, полупроводниковые и газовые, в зависимости от режима излучения — Л. непрерывного действия и импульсные.

В геодезии применяют газовые лазеры непрерывного действия, работающие в видимой части спектра. Наиболее распространен у нас и за рубежом гелий-неоновый лазер, генерирующий длину волны 6238 Å. Рабочим (активным) веществом здесь является смесь газов гелия и неона, помещенная в газоразрядную трубку. Излучение имеет оранжево-красный свет.

Недостаток гелий-неоновых лазеров — недолговечность (500—1000 ч) вследствие неустойчивости процентного соотношения гелия и неона в газоразрядной трубке (происходит непрерывная диффузия гелия сквозь стекло и кварц).

Из отечественных Л. г. в геодезии применяют серийно выпускаемые лазеры типа ЛГ-56 и ЛГ-75, работающие в многомодовом режиме, и ОКГ-13, работающий в одномодовом режиме. Технические характеристики газовых лазеров см. в табл. 10.

ЛАЗЕРНЫЕ ПРИБОРЫ для плано-высотного контроля и задания направлений — выгодно применять в условиях плохой освещенности и в работе над водной поверхностью.

Большинство Л. п., применяемых в строительстве, созданы на базе существующих геодезических приборов — теодолитов и нивелиров или подобны им.

Л. п. выполняют так, чтобы световой пучок, выходящий из лазера, был параллелен визирной оси зрительной трубы, служащей для наведения лазерного луча. Лазерный луч при выполнении геодезических наблюдений принимается за опорную линию, относительно которой производят измерения.

Л. нивелиры — предназначены для измерений превышений и передачи отметок. Их подразделяют на нивелиры с уровнем и самоустанавливающимся горизонтально лазерным лучом. Нивелиры с уровнем делят на нивелиры с уровнем на корпусе излучателя и нивелиры с уровнем при зрительной трубе прибора. Имеются модели, в которых излучатель выполнен в виде насадки.

Л. н. с самоустанавливающимся лазерным лучом представляет собой сочетание лазера и нивелира с самоустанавливающейся линией визирования.

Существуют приборы, в которых лазерный пучок развертывается в светящуюся горизонтальную плоскость, относительно которой выполняют нивелирование на значительной площади с одновременным использованием любого количества реек.

В СССР выпускают лазерные нивелиры с уровнем при излучателе: ЛН-56, сконструированный на базе оптического квантового генератора ЛГ-56, и лазерный визир ЛВ-5 — на базе ОКГ-13 (см. лучевые геодезические приборы *).

Универсальный лазерный нивелир марки РК-8 (ФРГ) (рис. 69, а) предназначен для нивелирования, задания уклонов и направлений при укладке труб.

Л. теодолиты — приборы, в которых вместо визирной оси создается в пространстве узконаправленный пучок света. Наличие горизонтального и вертикального кругов позволяет придавать пучку излучения нужную ориентировку. Лазерные теодолиты перспективны для разбивочных работ.

Размеры лазеров вынуждают изготавливать лазерные теодолиты с трубой, которую нельзя перевести через зенит.

В отечественных лазерных теодолитах ЛТ-75, ЛТ-56, созданных соответственно на базе лазеров ЛГ-75 и ЛГ-56, излучатель переключается в лагерах. Теодолит ЛТ-75 предназначен для задания ориентированного лазерного створа на большие расстояния, теодолит ЛТ-56 — для разбивочных работ на стройплощадках.

В настоящее время в СССР и за рубежом разрабатывают лазерные насадки к серийно выпускаемым теодолитам. Основное геометрическое условие, предъявляемое к насадке, — ось светового пучка должна проходить через центры сетки нитей и объектива зрительной трубы, т. е. должна совпадать с визирной осью зрительной трубы. Достигается это с помощью призм, направляющих лазерный пучок в окуляр трубы.

Лазерные нивелиры и теодолиты выпускают фирмы Англии, Бельгии, ГДР, Польши, Франции, Швеции, Швейцарии. На рис. 69, б представлен теодолит фирмы «Otto Fennel» (ФРГ), в котором лазер смонтирован на теодолите так, что луч выходит параллельно визирной оси трубы.

Л.п. вертикального проектирования (лазерные центриры) различают по способу приведения лазерного пучка в отвесное положение. В приборе ЛЗЦ-1 (лазерный зенит-центрир) и в лазерном центрире $LL=132$ (ФРГ) (рис. 69, в) пучок лазера устанавливается в вертикальное положение с помощью цилиндри-

ческих уровней. Существуют инструменты, в которых пучок приводится в отвесное положение автоматически. Например, на основе ОКГ-3 разработан лазерный зенит-прибор с жидкостным компенсатором (рис. 69, з). Точность установки луча 2".

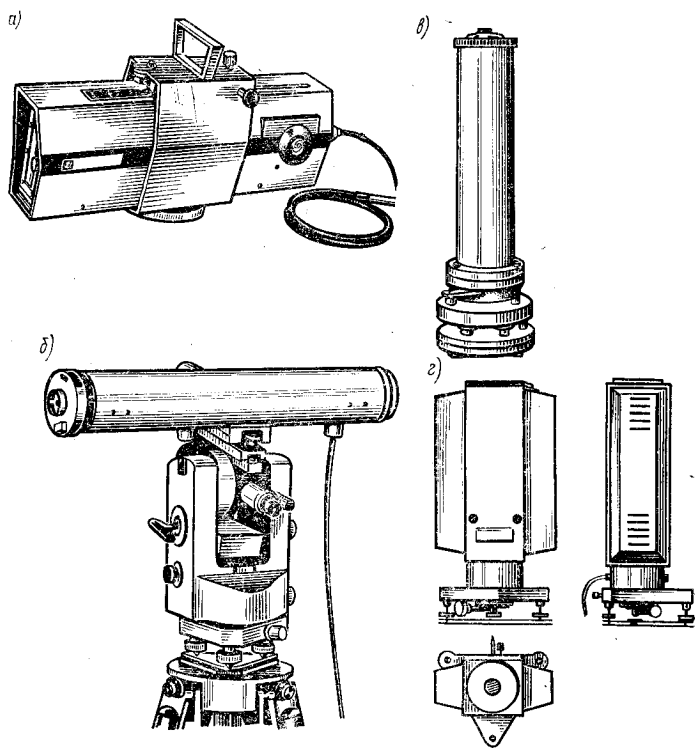


Рис. 69. Лазерные приборы:

а — нивелир РК-8 (ФРГ); б — теодолит фирмы Fennel (ФРГ);
в — центрир LL-132 (ФРГ); з — зенит-прибор с жидкостным компенсатором

Л. дальномеры — приборы, в которых источником света является ОКГ, как правило, гелий-неоновый. Применение ОКГ привело к существенному повышению дальности и точности измерений без увеличения габаритов и массы приборов. В малогабаритных светодальномерах с небольшим радиусом действия обычно применяют светодиод на арсениде галлия (2СМ2 в СССР, Reg Eta 14 — в ФРГ).

ЛЕНТА МЕРНАЯ (землемерная) — геодезический прибор, предназначенный для непосредственного измерения расстояний на местности. Л. м. изготавливают из стальной или инварной полосы шириной 12—20 мм, толщиной 0,3—0,4 мм и длиной 20—50 м. Л. м. бывают штриховые или шкаловые (рис. 70). В комплект к ленте при-

лагаются стальные шпильки длиной 30—40 см и диаметром 5—6 мм.

Л. м. штриховая (рис. 70, а) имеет длину, равную расстоянию между штрихами, нанесенными на переднем и заднем концах ленты по центру вырезов для установки шпилек 1. Метры на ленте отмечены металлическими плашками 2, полуметры — заклепками, дециметры — круглыми отверстиями 3. Отсчеты по ленте делают на глаз с точностью до 1 см. При работе с Л. м. ш. применяют способ откладывания.

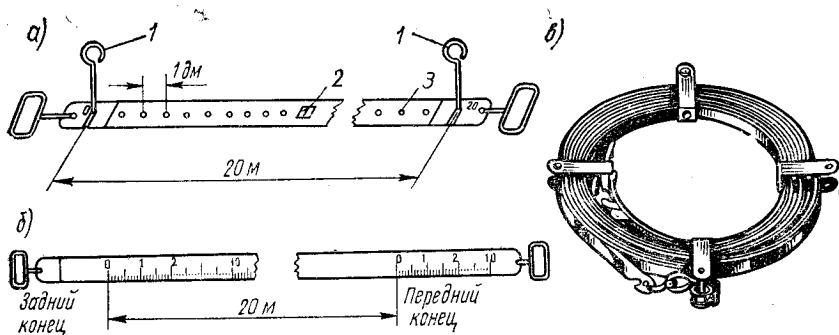


Рис. 70. Ленты мерные:

а — штриховая; б — шкаловая; в — лента, свернутая в кольцо

Л. м. шкаловая (рис. 70, б) имеет на переднем и заднем концах две шкалы с миллиметровыми делениями длиной 10 см. Длина такой ленты определяется расстоянием между нулевыми делениями шкал. При измерении Л. м. шкаловой применяют способ отсчета по шкалам.

Перед началом измерений ленту необходимо прокомпарировать, т. е. определить ее действительную длину.

Процесс измерения штриховой лентой сводится к последовательному откладыванию на земле (по створу линии) отрезков, равных длине мерного прибора. Перед каждым уложением Л. м. штриховую встряхивают и натягивают, после чего ее закрепляют на земле шпильками. Остаток (домер), меньший длины Л. м., измеряют с точностью до 1 см. Длина измеренного расстояния $D = ln + r$, где l — длина мерной ленты; n — число уложений ленты; r — длина остатка.

Перед измерением расстояний Л. м. шкаловой по створу линии с помощью теодолита устанавливают точки — целики через интервалы, равные примерно длине мерной ленты. На целиках штрихами обозначены их центры. Шкалы Л. м. располагают над центрами целиков и отсчеты при измерениях производят одновременно по двум шкалам по команде. Остаток измеряют стальной рулеткой с точностью до 1 мм.

Длину интервалов для шкалы, показанной на рис. 70, б, подсчитывают по формуле $l = l_0 + (n - 3)$, где l_0 — расстояние между ну-

лями шкал; P и Z — соответственно отсчеты по передней и задней шкалам.

Для вычисления горизонтального проложения линии в измеренное значение вводят поправки:

а) за компарирование мерного прибора $\Delta D_{\text{комп}} = (D/l)\Delta l$; $\Delta l = l - l_0$, где D — длина измеренной линии; l — длина мерной ленты; Δl — разность фактической длины ленты l и номинала l_0 , м; знак поправки зависит от знака Δl .

б) за температуру $\Delta D_t = D\alpha(t - t_0)$, где α — коэффициент линейного расширения металла, из которого изготовлена мерная лента; t и t_0 — соответственно температура в момент измерения и компарирования.

в) за наклон линии к горизонту $\Delta D_v = -2D \sin^2(v/2)$ или $\Delta D_h = -h^2/(2D)$, где v — угол наклона; h — превышение между конечными точками линии.

ЛИНИЯ ВИЗИРОВАНИЯ — линия, определяющая направление визирной оси геодезического прибора при наведении на выбранную точку.

ЛИНИЯ НУЛЕВЫХ РАБОТ — термин, применяемый в геодезии для обозначения линии местности, проходящей на проектной высоте. Плановое положение Л. н. р. определяют по точкам нулевых работ, т. е. в которых проектные и фактические отметки равны. Из подобия треугольников $AA_{\text{пр}}M$ и $BB_{\text{пр}}M$ (рис. 71) можно вычислить горизонтальные проложения от точек A и B до точки нулевых работ M *

$$y = d |\Delta h_B| / (|\Delta h_A| + |\Delta h_B|); \quad x = d |\Delta h_A| / (|\Delta h_A| + |\Delta h_B|),$$

где Δh_A и Δh_B — соответственно рабочие отметки в точках A и B .

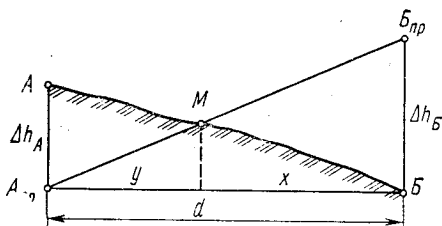


Рис. 71. Точка M нулевых работ

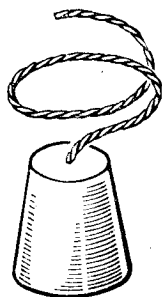


Рис. 72. Лот для промера глубин

ЛОТ — прибор для измерения глубин. Он представляет собой стальной трос толщиной 2—5 мм с грузом массой 5—10 кг (рис. 72). На тросе имеются завязки, указывающие дециметры и метры. Глубины измеряют от уреза воды. Для того чтобы после промера глубин получить отметки дна, необходимо знать отметку уреза воды в момент измерений.

ЛУЧЕВЫЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ — приборы, использующие для передачи геодезической информации энергию све-

та. Л. г. п. имеют источник излучения, оптическую систему, формирующую световой луч, и отсчетно-установочные устройства, с помощью которых световому лучу придается необходимое направление в пространстве. По источнику излучения Л. г. п. делят на лазерные и тепловые.

Лучевые геодезические приборы могут использоваться самостоятельно в качестве указателей направления при производстве геодезических работ в тоннелях, шахтах, укладке трубопроводов, а также в качестве командных приборов в автоматических системах наблюдения за деформациями сооружений и в автоматических системах геодезического контроля работы строительных механизмов.

Лазерный визир ЛВ-5 (рис. 73) — предназначен для задания направлений при выполнении разбивочных работ, нивелирования, геодезического контроля укладки труб в траншею и может быть использован как излучатель в автоматических системах геодезического контроля. Источником излучения в Л. в. служит газовый гелий-неоновый лазер ОКГ-13, помещенный в защитном корпусе 1. Потребляемая мощность прибора 20 Вт; мощность излучения на выходе из коллиматора 4 составляет 0,3 мВт; длина волны излучения 0,63 мкм. Питание осуществляется от сети переменного тока или аккумулятора напряжением 12 В. При нивелировании используют контактный цилиндрический уровень 3 с ценой деления 20". Вертикальную ось прибора устанавливают в отвесное положение по круглому уровню 5. Для плавного и точного наведения прибора на объект используется наводящее устройство 2. Цена деления отсчетных устройств винтов 15".

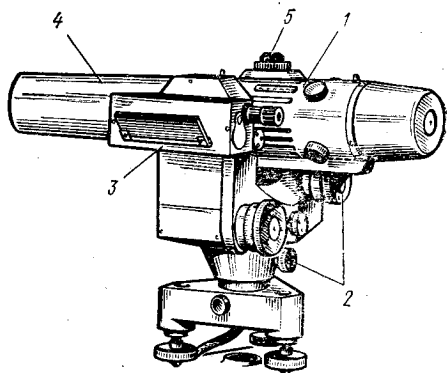


Рис. 73. Лазерный визир ЛВ-5

Лазерный указатель направления (ЛУН) во взрывобезопасном исполнении — предназначен для указания направления проходки горных выработок. В качестве источника излучения в нем используют газовый гелий-неоновый лазер ЛГ-56.

Прибор управления лучом (ПУЛ) — предназначен для автоматического дистанционного управления землеройными машинами при прокладке осушительных и оросительных каналов по заданному уклону. Он состоит из направляющей и приемной станций. Направляющую станцию — прожектор с лампой накаливания — устанавливают в исходном пункте трассы. С ее помощью формируется луч, разделенный на верхнюю и нижнюю симметричные части, каждая из которых модулирована собственной частотой. Плоскость раздела частей луча, называемая *равносигнальной зо-*

ной, устанавливается с проектным уклоном. Приемную станцию — фотоприемник — помещают на рабочем органе землеройной машины. Ее задача — прием информации, передаваемой направляющей станцией, и выработка сигналов для управления положением рабочего органа машины с целью удержания установленного на нем фотоприемника в равносигнальной зоне. При этом рабочий орган машины копирует уклон, задаваемый световым лучом направляющей станции.

Световой указатель направления (УНС-2) — предназначен для указания направления проходки горных выработок.

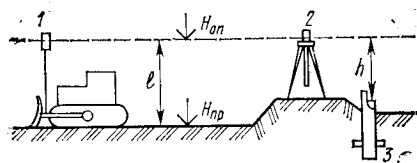


Рис. 74. Схема работы СКП-1

Он состоит из светопроекционной системы, трубы и установочного устройства. Светопроекционная система включает электролампу, конденсатор, диафрагму и объектив, заключенные во взрывобезопасный корпус.

Система контроля планировки (СКП-1) — предназначена для геофизического контроля планировочных работ на горизонтальных участках.

Она состоит из лазерного излучателя 2, устанавливаемого в центре участка (рис. 74), и приемного устройства (фотоприемника 1 и индикатора), устанавливаемого на землеройных механизмах. Излучатель 2 вращением лазерного луча по всему горизонту создает опорную горизонтальную плоскость. Высота установки фотоприемника $l = H_{оп} - H_{пр}$, где $H_{оп}$ — отметка опорной световой плоскости, определяется после измерения высоты луча h над репером 3; $H_{пр}$ — проектная отметка разрабатываемого участка.

При правильном положении механизма на панели индикатора горит центральная лампа. При смещении механизма, а следовательно, и фотоприемника вверх или вниз включаются лампы выше или ниже центральной, по которым машинист механизма может судить о высотном положении механизма. Применение лазерной системы позволяет повысить эффективность планировочных работ.

МАГИСТРАЛЬНЫЙ ХОД — теодолитный ход, прокладываемый в середине участка или по его границе с разбивкой пикетажа и закреплением пунктов не реже чем через 500 м. М. х. служит плановым и высотным обоснованием для выполнения высотной съемки нивелированием по параллельным линиям. Отметки пунктов М. х. определяют геометрическим нивелированием. Перпендикулярно М. х. разбивают параллельные линии, например, при съемке масштаба 1 : 2000 в среднем через 30—40 м, а при необходимости и на разных расстояниях.

МАГНИТНАЯ СТРЕЛКА — намагниченная стальная пластина с заостренными концами, устанавливаемая в специальных приборах (компасах, буссолях *) для определения направления магнитного меридиана в данной точке местности.

МАГНИТНОЕ ПОЛЕ ЗЕМЛИ — одна из форм электромагнитного поля. М. п. З., подобно полю однородно намагниченной сферы, ось которой составляет угол $\sim 11,5^\circ$ с осью вращения Земли. Под действием М. п. З. свободно подвешенная магнитная стрелка устанавливается в направлении силовых линий этого поля (в направлении магнитного меридиана станции наблюдений). Точки пересечения силовых линий называют *магнитными полюсами* Земли; они не совпадают с географическими полюсами и расположены в глубине Земли (на 1964 г. положение полюсов определялось координатами: северный полюс — $\varphi=75^\circ$, $\lambda=259,2^\circ$ в. д., южный полюс — $\varphi=-67,8^\circ$, $\lambda=140^\circ$ в. д.). М. п. З. состоит из «устойчивого» поля с напряженностью около 0,5 Э, которое подвержено медленным вековым изменениям, и переменного поля, обусловленного электрическими токами, текущими в верхних проводящих слоях атмосферы и за ее пределами. Элементами магнетизма считают вектор напряженности магнитного поля, склонение магнитное и наклонение магнитное*.

МАРКИ НИВЕЛИРНЫЕ — стенные металлические геодезические знаки, устанавливаемые в фундаментах или стенах капитальных зданий и сооружений (рис. 75, а). Выступающая часть М. н. имеет в центре отверстие для установки штифта, на который подвешивают нивелирную рейку 1.

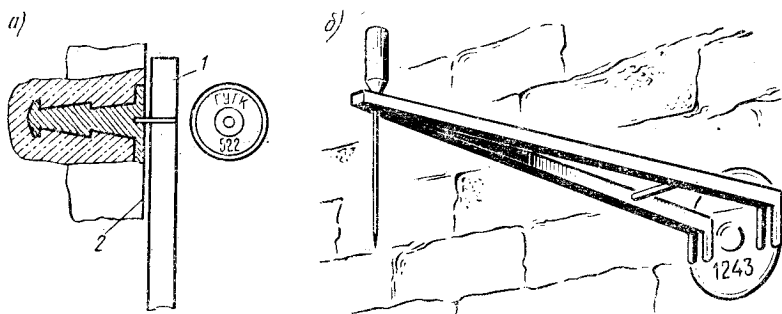


Рис. 75. Марка нивелирная (а) и стенной полигонометрический знак (б):
1 — марка; 2 — доколь здания

МАРКИ ОСАДОЧНЫЕ — нивелирные марки, устанавливаемые в местах наиболее эффективного проявления ожидаемых деформаций сооружения. М. о. могут иметь различные конструкции.

МАРКИ ПОЛИГОНОМЕТРИЧЕСКИЕ — стенные геодезические знаки полигонометрии, устанавливаемые в стенах капитальных зданий. Одна из возможных конструкций М. п. показана на рис. 75, б. Центром М. п. является отверстие на конце переносной штанги, устанавливаемой в проушинах марки.

МАРКШЕЙДЕРСКОЕ ДЕЛО — одна из научно-технических дисциплин геодезии, рассматривающая вопросы применения геодезии в горной науке и технике. В задачу М. д. входят пространственно-геометрические измерения в недрах Земли и на ее поверхность для последующего изображения формы залежей на планах, картах и разрезах, пространственного и качественного их распределения, расположения шахт, туннелей и других подземных сооружений.

МАСШТАБ — степень уменьшения длин линий местности на плане или карте.

М. численный — отношение длины S_n линии на плане (карте) к горизонтальному проложению S_m той же линии на местности, т. е. $S_n/S_m=1/M$; записывается в виде дроби, числитель которой равен единице, а знаменатель — числу, показывающему степень уменьшения (например, 1 : 500, 1 : 10 000). Расстояние на местности, соответствующее на плане отрезку длиной в 0,1 мм, называют *точностью масштаба*. Так, для масштаба 1 : 5000 точность $t=0,5$ м, для 1 : 2000 $t=0,2$ м.

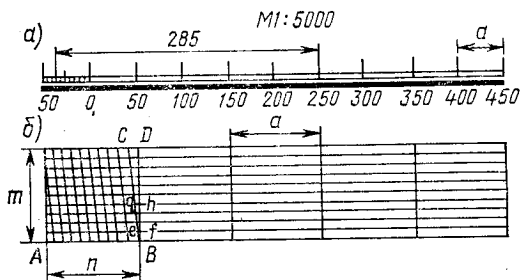


Рис. 76. Линейный (а) и поперечный (б) масштабы

М. линейный — графическое выражение численного масштаба. Различают простой М. л. и поперечный М. л. Простой М. л. (рис. 76, а) представляет собой прямую линию, на которой отложен ряд равных отрезков, называемых основанием a масштаба. В качестве основания масштаба обычно принимают отрезок в 2 см. Основание М. л., расположенное слева от нулевой точки, разделено на десять равных частей. В соответствии с заданным численным масштабом рассчитывают длину линии местности в метрах, соответствующую основанию a , и от нулевой точки в возрастающем порядке подписывают каждое деление М. л. в метрах.

Для определения длины отрезка местности его берут с плана в раствор циркуля-измерителя. Одну из ножек циркуля устанавливают на вертикальный штрих, разделяющий основания, но так, чтобы другая ножка попала на основание М. л., расположенное слева от нулевой точки, где на глаз оценивают доли основания. С по-

мощью простого М. л. можно уверенно измерять расстояния на карте с точностью до 0,1 основания.

М. поперечный — применяют для более точных измерений (рис. 76, б). М. п. представляет собой систему из $m+1$ горизонтальных параллельных линий, проведенных через 2—3 мм. Всю систему делят вертикальными линиями на равные отрезки, величина которых равна основанию a масштаба. Крайнее левое основание вверху и внизу делят на n частей и намеченные точки соединяют прямыми наклонными линиями — трансверсалиями (рис. 76, б). Если $AB=a$ и $BD=L$, то $CD=a/n$ и $Bf=L/m$. Из подобия треугольников CBD и EBf следует, что наименьшее деление М. л. $ef = a/(mn)$. Аналогично, отрезок gh между вертикалью и трансверсалью на третьей горизонтальной линии $3a/(mn)$, на четвертой $4a/(mn)$ и т. д., т. е. от ступени к ступени он возрастает на величину наименьшего деления ef .

М. п., для которого $m=n=10$, называют *сотенным* или *нормальным* масштабом. Его наименьшее деление равно $0,01 a$, и с такой же точностью можно уверенно измерять расстояния на картах. Обычно в нормальном М. п. основание a принимают равным 2 см. При измерении расстояний с помощью этого масштаба одну ножку циркуля-измерителя устанавливают на штрих, разделяющий основания, и поднимают вверх, пока другая ножка не окажется на какой-либо трансверсали. При этом обе ножки циркуля должны лежать на одной горизонтальной линии; подсчитывают число целых оснований и их долей, лежащих между ножками измерителя, и определяют длину отрезка. Например, для численного масштаба 1:2000 основанию $a=2$ см соответствует отрезок на местности, равный 40 м; $0,1a=4$ м и $0,01a=0,4$ м. Длина отрезка, отмеченного на рис. 76, б звездочками, в масштабе 1:2000 равна $a+0,7a+0,07a=40+28+2,8=70,8$ м; в масштабе 1:500 длина этого же отрезка $10+7+0,7=17,7$ м.

МАСШТАБНАЯ ЛИНЕЙКА — поперечный масштаб, выгравированный на металлической пластинке (см. масштаб линейный *).

МАСШТАБЫ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ КАРТ И ПЛАНОВ, применяемые в строительстве, 1:25 000—1:500 используют при разработке проектов планировки и застройки городов, поселков, сельских населенных мест, строительстве и реконструкции промышленных предприятий и объектов гражданского строительства.

Карты в масштабах 1:25 000, 1:10 000 и планы масштаба 1:5 000 используют для выбора строительных площадок и разработки предварительных генеральных планов предприятий городов и поселков, инженерных сетей и коммуникаций, транспортных путей, инженерной подготовки территории, ее озеленения и благоустройства.

Планы масштаба 1:2000 предназначены для окончательной разработки генеральных планов; составления проектов детальной планировки отдельных районов города; разбивочных чертежей с привязкой красных линий к опорным зданиям и сооружениям и к гео-

дезическим пунктам; составления схемы подземных коммуникаций (сводного плана инженерных сетей); составления технических проектов застройки, инженерной подготовки и озеленения территории на застроенных землях города.

Планы масштаба 1 : 1000 предназначены для составления генерального плана и рабочих чертежей при проектировании на застроенных и незастроенных территориях малоэтажного и поселкового строительства; решения проектов вертикальной планировки и проектов озеленения территории; составления планов существующих подземных сетей и сооружений.

Планы масштаба 1 : 500 предназначены для разработки детальных проектов застройки жилых районов, кварталов, улиц, площадей; составления исполнительного генерального плана участка строительства и рабочих чертежей многоэтажной капитальной застройки с густой сетью подземных коммуникаций, промышленных предприятий; решения вопросов вертикальной планировки; составления планов существующих подземных сетей и сооружений и т. д.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОЖИДАНИЕ — одна из характеристик распределения значений случайной величины. Если результаты измерений величины x принимают значения l_1, l_2, \dots, l_n с вероятностями, равными соответственно P_1, P_2, \dots, P_n , то математическое ожидание

$$M(x) = \sum_{i=1}^n l_i P_i.$$

При неограниченном n среднее арифметическое \bar{x} результатов равноточных измерений совпадает с математическим ожиданием, т. е. $\lim \bar{x} = M(x)$.

МЕЖДУНАРОДНАЯ СИСТЕМА ЕДИНИЦ (СИ) принята в 1960 г. XI Генеральной конференцией по мерам и весам (ГКМВ) и уточнена в последующих ГКМВ.

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ И ГЕОФИЗИЧЕСКИЙ СОЮЗ (МГГС) — международное научное общество, созданное в 1919 г. Задача союза — координация научных исследований и обмен информацией по изучению Земли и околоземного пространства. Объединяет научные организации ученых 71 страны. СССР вступил в МГГС в 1955 г.

МЕЖЕНЬ — ежегодно повторяющееся сезонное стояние низких (меженных) уровней воды в реках, в течение которого наблюдается низкий уровень воды в водоемах, возникающий вследствие резкого уменьшения притока воды с водосбора. В эти периоды преобладающее значение в речном стоке имеют подземные воды, дренируемые гидрографической сетью.

МЕНЗУЛА — составная часть комплекта (см. рис. 59) для топографической съемки, состоящая из мензульной доски и ее подставки с установочными приспособлениями. Подставка 6 позволяет осуществлять повороты мензульной доски 5 (планшета) вокруг

вертикальной оси на 360° . На планшете закрепляют лист чертежной бумаги, на который наносят все снимаемые точки местности, составляя тут же в поле топографический план. Помимо M . и кипрегеля в комплект входят: буссоль \mathcal{Z} (см. рис. 58) для ориентирования планшета по магнитному меридиану и мензульная вилка (рис. 77) для центрирования точки планшета m над точкой M съемочного обоснования.

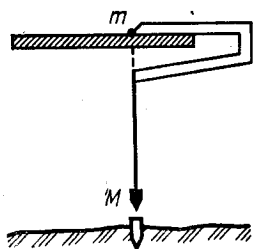


Рис. 77. Мензульная центрировочная вилка

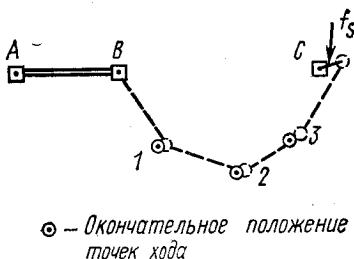


Рис. 78. Схема мензульного хода

МЕНЗУЛЬНЫЙ ХОД — ход, прокладываемый при мензульной съемке на закрытых участках местности (заселенных, застроенных), где нет возможности развить геометрическую сеть или построить другое съемочное обоснование. Начальной и конечной точками M . х. служат пункты геодезического обоснования A , B , C (рис. 78). Ход прокладывают от линии AB таким образом, чтобы число точек поворота хода (1, 2, 3) было возможно меньше, а расстояния между ними были возможно длиннее. Положение точек определяют полярным способом, т. е. измеряют расстояние до точки хода, а направление прочерчивают по линейке кипрегеля. Каждая нанесенная на планшет точка служит исходной для определения следующей. Расстояния и превышения между соседними точками определяют нитяным дальномером. Длина M . х. допускается не более 10 см в масштабе плана. Если необходимо проложить более длинный ход, то прокладывают теодолитный ход.

Невязка в превышениях M . х. (в м) не должна быть больше $f_{h \text{ доп}} = \pm 0,04 S/\sqrt{n}$, где S — число сотен метров в ходе; n — число сторон хода. Линейная невязка считается допустимой, если она не превышает $1/200$ длины хода. При съемке в крупном масштабе линии хода измеряют стальной лентой; тогда допустимая невязка не должна превышать $1/300$ длины хода. Невязки хода, не превышающие установленных допусков, распределяют на все точки хода пропорционально длинам сторон хода.

МЕРИДИАН АСТРОНОМИЧЕСКИЙ (ИСТИННЫЙ) — воображаемая линия земной поверхности, все точки которой имеют одинаковую астрономическую долготу. Плоскость M . а. точки проходит

через отвесную линию в этой точке параллельно оси вращения Земли.

МЕРИДИАН ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ — линия пересечения земной поверхности с плоскостью, проходящей через ось вращения Земли.

МЕРИДИАН ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ — условная линия на земной поверхности, все точки которой имеют одинаковую геодезическую долготу. Плоскость М. г. точки проходит через нормаль к поверхности референц-эллипсоида в этой точке параллельно малой оси эллипсоида.

МЕРИДИАН ГРИНВИЧСКИЙ — меридиан, принятый для начала отсчета долгот.

МЕРИДИАН МАГНИТНЫЙ — условная линия на земной поверхности, совпадающая с горизонтальной проекцией силовой линии магнитного поля Земли. Плоскость М. м. — вертикальная плоскость, проходящая через концы магнитной стрелки.

МЕРИДИАН ОСЕВОЙ — меридиан, принятый за ось какой-либо системы координат на поверхности (см. Гаусса-Крюгера проекцию *).

МЕСТО ЗЕНИТА — отсчет по лимбу вертикального круга теодолита, когда визирная ось зрительной трубы вертикальна, а пузырек уровня при алидаде вертикального круга находится в нуль-пункте.

МЕСТО НУЛЯ — отсчет по лимбу вертикального круга теодолита, когда его алидада установлена в рабочее положение (с помощью уровня или компенсатора), а визирная ось зрительной трубы горизонтальна (или отсчет по вертикальному кругу, когда визирная ось трубы расположена параллельно оси уровня на алидаде вертикального круга).

М. н. для теодолитов типа Т30 вычисляют по формуле $МО = (КП + КЛ + 180^\circ) / 2$, где $КП$ и $КЛ$ — отсчеты по вертикальному кругу, взятые при двух положениях трубы при наведении на одну и ту же точку. Место нуля учитывают при измерении углов вертикальных *.

МЕТР — основная единица метрической системы мер, введенной во Франции в 1799 г. по предложению комиссии Парижской академии наук. По замыслу авторов М. должен представлять собой $1/(4 \cdot 10^7)$ длины дуги меридиана, определенной Деламбером в 1792—1798 гг. по результатам измерений дуги меридиана между Дюнкерком и Барселоной. Изготовленный в то время «архивный» эталон М. представлял собой платиновую пластинку шириной около 25 мм и толщиной 4 мм с расстоянием между концами, равным 1 м. Впоследствии было установлено, что эта единица длины не соответствует точно $1/(4 \cdot 10^7)$ длины дуги меридиана, но длина «ар-

хивного» М. была оставлена в качестве основной единицы метрической системы мер. К 1882 г. изготовили 31 прототип «архивного» М. из сплава платины с иридием, один из которых (номер 6) был принят в качестве Международного эталона (прототипа) М. Этот эталон и две его контрольные копии хранятся в Севре (Франция) в Международном бюро мер и весов. Эталон М. представляет собой брус х-образного сечения, как бы вписанный в квадрат со стороной 20 мм. Общая длина эталона 102 см, масса 3,3 кг. Вблизи концов нейтральной плоскости на специально отполированных участках нарезаны по три штриха перпендикулярно произвольной оси бруса. Расстояние между осями средних штрихов определяет длину М. при 0° С.

В качестве государственного эталона М. в СССР принят прототип номер 28. Его длина выражается уравнением $L = 1 \text{ м} + 0,71 \text{ мкм} + (8,62t + 0,00180t^2) \text{ мкм}$.

В 1960 г. на XI Генеральной конференции по мерам и весам принято новое определение М.: длина, равная 1650763,73 длины волны излучения в вакууме, соответствующего переходу между уровнями $2p^{10}$ и $2d^5$, атома криптона-86.

МЕТРИЧЕСКИЕ МЕРЫ ДЛИНЫ — меры длины, за основную единицу которых принят метр.

МЕТОДИКА ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ — совокупность приемов измерений, обеспечивающих получение искомого результата с необходимой точностью. М. г. и. должна обеспечивать надежный контроль выполненных измерений и ослабление влияния на искомый результат погрешностей измерений. Для каждого вида и класса измерений устанавливается своя М. г. и. Средние показатели точности измерений приведены в табл. 12.

Таблица 12

Класс измерений	Погрешности измерений		
	линейных	угловых	превышений на 1 км хода, мм
Высокоточные и точные	$1/10^6 - 1/10^5$	0,5—3,0"	0,5—5,0
Средней точности	$1/(5 \cdot 10^3) - 1/10^5$	3—10"	10—25
Технической точности	$1/(2 \cdot 10^2) - 1/(5 \cdot 10^3)$	10—60"	25 и более

МИКРОМЕТР ОКУЛЯРНЫЙ — отсчетное устройство геодезического прибора, расположенное в окулярной части микроскопа или визирного устройства (рис. 79). М. о. состоит из винтового микрометра, устанавливаемого на окуляре зрительной трубы геодезического прибора или на поверительной трубе. М. о. используют для измерения небольших углов с высокой точностью, например, при наблюдениях за смещениями сооружений (створный метод). В по-

ле зрения трубы видна пара подвижных нитей — биссектор, перемещаемый при вращении барабана М.о. Число оборотов отсчитывается по гребенке (см. отсчетный микроскоп*, микроскоп-микромметр*), а доли оборота — по шкале микрометра. При измерении углов совмещают биссектор с изображениями целей и берут от-

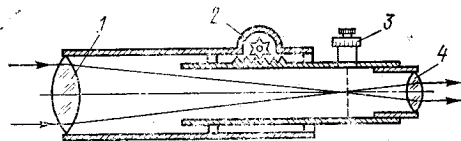


Рис. 79. Зрительная труба с окулярным микрометром:

1 — объектив; 2 — кремальера; 3 — окулярный микрометр; 4 — окуляр

счеты; разность отсчетов по двум целям дает угол в делениях микрометра. Зная цену деления М.о., вычисляют значение измеряемого угла.

МОДУЛЯТОР СВЕТА —

составная часть геодезических электромагнитных дальномеров; предназначен для модуляции колебаний

высоких несущих частот колебаниями более низких моделирующих частот.

В геодезических светодальномерах могут осуществляться два вида модуляции светового потока: внешняя, получаемая пропусканием светового потока через специальные устройства — модуляторы; внутренняя, происходящая непосредственно в генераторе светового излучения, например в полупроводниковых ОКГ.

Внешняя модуляция светового потока может осуществляться несколькими способами, один из которых, основанный на электрооптическом эффекте двойного лучепреломления, широко применяют в современных дальномерах. Явление двойного лучепреломления может возникать в некоторых диэлектриках. Если электрическое поле создается в жидком веществе, то возникает квадратичский электрооптический эффект Керра (см. Конденсатор Керра* и Ячейка Керра*), поскольку возникающая разность хода между обыкновенным и необыкновенным лучами пропорциональна квадрату приложенного напряжения. В кристаллическом диэлектрике возникает эффект Погкельса* — линейный электрооптический эффект, при котором разность хода пропорциональна приложенному напряжению. Модуляторы, в которых используют эти эффекты, состоят из поляризатора (для источников света нелазерного типа), среды, в которой проявляется электрооптический эффект, и анализатора.

В светодальномерах с полупроводниковым источником излучения специальные модуляторные устройства не применяют, так как излучение может модулироваться по интенсивности путем подачи на излучатель модулирующего напряжения.

МОДУЛЯЦИЯ РАДИОВОЛН — процесс воздействия на параметры высокочастотных незатухающих колебаний — амплитуду, начальную фазу и частоту — низкочастотными управляющими сигналами. Измененное высокочастотное колебание называется *модулированным*. Если в процессе М. р. изменяется амплитуда высоко-

частотного колебания, то модуляция называется *амплитудной*. Она осуществляется путем воздействия на режим работы ламп усилителя изменением напряжения, чаще всего на аноде лампы. Если изменяется частота, то модуляция называется *частотной*. Она заключается в периодическом изменении частоты (длин волн). Если действие модулирующего сигнала вызывает непосредственно изменение фазы модулируемого колебания, то имеет место *фазовая* модуляция.

МОДУЛЯЦИЯ СВЕТА — процесс воздействия на световой поток или источник света, вызывающий периодическое изменение интенсивности, фазы или частоты светового потока в соответствии с сигналом, поступающим в модулирующее устройство.

Различают внешнюю модуляцию — воздействие на световой поток после выхода из его источника излучения; и внутреннюю модуляцию — воздействие на источник излучения до выхода светового потока.

В приборах с внешней модуляцией в основном используется эффект Керра. Светодальномеры, работающие с полупроводниковым диодом на арсениде галлия, имеют внутреннюю модуляцию.

МОНТАЖНАЯ ОСЬ — линия, закрепленная на строительном объекте. Относительно М. о. выполняют установку в проектное положение отдельных элементов конструкций сооружений или технологического оборудования. М. о. разбивают на каждом этаже по периметру сооружения и в местах установки колонн или несущих панелей. При возведении каркасных зданий М. о. могут закрепляться на колоннах, при возведении панельных — на плитах перекрытий. М. о. служат и для контроля правильности установки несущих конструкций. Такой контроль осуществляют, как правило, линейными промерами от М. о.

МОНТАЖНЫЙ ГОРИЗОНТ — плоскость, проходящая через опорные площадки несущих конструкций на каждом этаже или ярусе строящегося здания. На М. г. переносят опорные точки разбивочных осей, закрепленных на исходном горизонте. Перенесенные и закрепленные на М. г. опорные точки представляют собой геодезическое обоснование М. г.

В зависимости от типа здания, его этажности, конструктивных особенностей выбирают тот или иной способ построения планового и высотного геодезического обоснования на М. г. В отдельных случаях для зданий значительной протяженности, например более 100 м, М. г. может устанавливаться единым на участке между деформационными швами.

НАКЛОНЕНИЕ МАГНИТНОЙ СРЕЛКИ — угол, образуемый осью магнитной стрелки с плоскостью горизонта; отсчитывается от горизонтального направления и считается положительным, если северный конец стрелки направлен вниз. Н. м. с. и склонение магнитное * характеризуют направление вектора напряженности магнитного поля Земли в данной точке.



Рис. 80.
Наметка

НАМЕТКА — круглый деревянный шест с дециметровыми делениями (рис. 80), применяемый для измерения небольших глубин. Во время измерений ее необходимо удерживать отвесно.

НАТЯЖЕНИЕ ЛЕНТЫ — выравнивание мерной ленты и создание одинаковых условий при измерении линий. Н.л. осуществляют с помощью пружинного динамометра с силой 100—150 Н. При создании съемочного обоснования натяжение мерной ленты можно выполнять без применения динамометра, от руки.

НЕБЕСНАЯ СФЕРА — воображаемая вспомогательная сфера произвольного радиуса, на которой проецируют небесные светила. Н.с. используют в геодезической астрономии, высшей и космической геодезии при изучении видимого движения небесных тел и искусственных спутников Земли. При построении Н.с. ее центр располагается в точке наблюдения или центре масс Земли. При решении задач на Н.с. используют только угловые величины и направления и плоскости, параллельные плоскостям и осям основных координатных систем, применяемых в астрономии и геодезии.

НЕВЯЗКА — отклонение вычисленного значения функции измеренных величин от теоретического значения. Знак Н. определяется по правилу: *то, что есть, минус то, что должно быть.*

Н. п р е в ы ш е н и я — расхождение между суммой вычисленных превышений и теоретической суммой превышений, возникает вследствие ошибок измерений:

$$f_h = \sum_1^n h_{\text{пр}} - \sum_1^n h_{\text{т}},$$

где $\sum_1^n h_{\text{пр}}$ — практическая сумма превышений, полученная по ре-

зультатам измерений нивелирного хода; $\sum_1^n h_{\text{т}} = H_{\text{к}} - H_{\text{н}}$ — теоретическая сумма превышений; n — число превышений; $H_{\text{н}}$ и $H_{\text{к}}$ — отметки начальной и конечной точек. В замкнутом ходе $f_h = \sum h_{\text{пр}}$.

Н. п р и р а щ е н и я к о о р д и н а т — расхождение между суммой вычисленных приращений координат и теоретической суммой приращений:

$$f_x = \sum \Delta x_{\text{пр}} - \sum \Delta x_{\text{т}};$$

$$f_y = \sum \Delta y_{\text{пр}} - \sum \Delta y_{\text{т}};$$

где $\sum \Delta x_{\text{пр}}$ и $\sum \Delta y_{\text{пр}}$ — суммы вычисленных приращений координат; $\sum \Delta x_{\text{т}} = X_{\text{к}} - X_{\text{н}}$; $\sum \Delta y_{\text{т}} = Y_{\text{к}} - Y_{\text{н}}$ — теоретическая сумма приращений координат; $X_{\text{н}}$ и $Y_{\text{н}}$ — координаты начальной точки; $X_{\text{к}}$ и $Y_{\text{к}}$ — координаты конечной точки. В замкнутом ходе $f_x = \sum \Delta x_{\text{пр}}$; $f_y = \sum \Delta y_{\text{пр}}$.

Н. уг л о в а я — расхождение между практической и теоретической суммой углов в ходах или полигонах. Н. у. возникает вследствие погрешностей измерений. Соответственно Н. у. для левых и правых углов поворота:

$$f_{\beta л} = \sum \beta \pm 180^\circ n - (\alpha_n - \alpha_n);$$

$$f_{\beta п} = \sum \beta \pm 180^\circ n - (\alpha_n - \alpha_n),$$

где n — число углов теодолитного хода; α_n и α_n — исходные дирекционные углы на концах теодолитного хода.

Для замкнутого хода $f_{\beta} = \sum \beta - 180^\circ(n-2)$.

НИВЕЛИР — геодезический прибор, предназначенный для определения превышений. Визирная ось Н. может устанавливаться в горизонтальное положение по уровню или при помощи специального устройства маятникового типа — компенсатора.

По способу компоновки Н. с уровнем делятся на три вида. Основной из них — Н. глухой, в котором зрительная труба, уровень и подставка соединены так, что их взаимное положение можно изменить только при помощи исправительных винтов при регулировке Н. Современные глухие Н. снабжены элевационным винтом, посредством которого зрительная труба вместе с уровнем может наклоняться на небольшие углы в вертикальной плоскости.

Согласно ГОСТу промышленность СССР выпускает: глухие нивелиры с элевационным винтом — Н1, Н2, Н3 и НТ (Н10) (цифра после буквы означает класс нивелирования — 1, 2, 3; Т — техническое нивелирование); нивелиры с самоустанавливающейся горизонтальной линией визирования — НС2, НС3, НС4, НТС. На рис. 81 показан нивелир Н3, широко используемый в инженерно-геодезических работах.

Н. л а з е р н ы й — прибор, основанный на использовании лазерного излучения для создания горизонтальной световой линии или плоскости, относительно которой с помощью нивелирной рейки можно определять превышения. Для регистрации положения лазерной плоскости в точке наблюдения используют специальные рейки с подвижной фоточувствительной головкой, которую перемещают по рейке. В тот момент, когда она попадает в зону действия луча, вырабатывается сигнал и снимается отсчет по рейке. Для контроля необходимо получить два отсчета: при движении головки снизу вверх a_1 и при движении головки сверху вниз a_2 . Положение опорной плоскости определяют как среднее из отсчетов $a = (a_1 + a_2)/2$. Шкалу рейки можно устанавливать так, чтобы при установке рейки

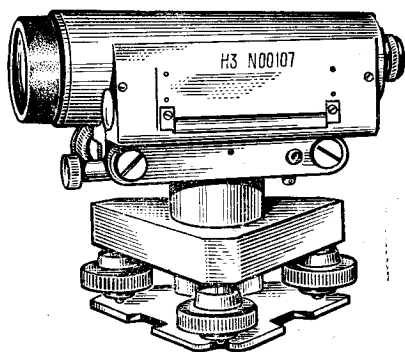


Рис. 81. Нивелир Н3

на репер отсчет по рейке был равен отметке репера. Тогда отсчет по рейке в любой точке будет равен отметке точки.

Н. с. самоустанавливающейся линией визирования (с компенсатором) — нивелир, в котором линия визирования занимает горизонтальное положение автоматически после предварительной установки оси вращения Н. в отвесное положение по круглому уровню.

Для автоматической установки линии визирования в горизонтальное положение применяют маятниковые устройства — компенсаторы. Современные оптико-механические компенсаторы легки, компактны и по точности стабилизации линии визирования превосходят жидкостные уровни.

В качестве компенсаторов в нивелирах типа НС применяют элементы, положение которых определяется направлением силы тяжести. Это могут быть маятник, ось симметрии которого совпадает с направлением отвесной линии, или свободная поверхность жидкости, устанавливающаяся перпендикулярно к отвесной линии.

Чаще всего компенсатор, масса которого находится в пределах 10—40 г, подвешивают в виде маятника на тонкой металлической или синтетической нити толщиной 20—100 мкм.

Для гашения колебаний компенсатор снабжается демпфером. Время затухания колебаний маятника в зависимости от длины нитей подвеса и конструкции компенсатора находится в пределах 0,1—0,01 с, амплитуда — 1 мм. Время стабилизации линии визирования исчисляется секундами и их долями.

Примером отечественного Н. с. л. в. является нивелир НС4, выпускаемый серийно. Он предназначен для нивелирования IV клас-

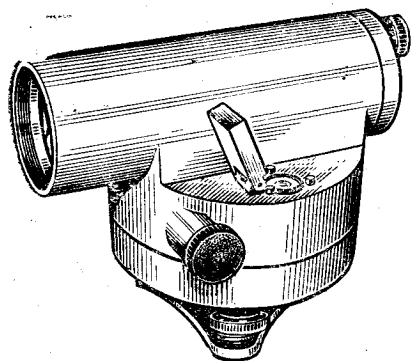


Рис. 82. Нивелир НС4

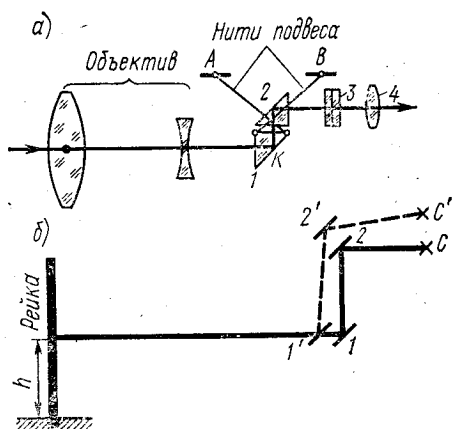


Рис. 83. Ход лучей в зрительной трубе нивелира НС4 и схема действия компенсатора:

А и В — точки крепления нитей; К — компенсатор; 1 и 2 — подвижная и неподвижная призмы; 3 — сетка нитей; 4 — окуляр

са со средней квадратической погрешностью, не превышающей 8,0 мм на 1 км хода, а также для технического нивелирования (рис. 82).

Нивелир снабжен призмным компенсатором, обеспечивающим установку линии визирования в горизонтальное положение при углах наклона инструмента в любом направлении в пределах $\pm 15'$. Компенсатор *K* (рис. 83, *a*) состоит из двух призм. Подвижная призма *1* подвешена на четырех скрещивающихся нитях, призма *2* закреплена неподвижно. Отражающие грани призм *1* и *2* при горизонтальном положении трубы располагаются под углом 45° к визирному лучу. При наклоне трубы (рис. 83, *б*) сетка нитей перемещается из положения *C* в положение *C'*, отражающая грань призмы *2* — в *2'*, а грань призмы *1* занимает положение *1'* и компенсирует наклон зрительной трубы. Параметры компенсатора таковы, что в этом случае луч остается горизонтальным. К нивелирам этого типа относятся нивелиры НЗК (СССР) и Ni 007, Ni 025 (ГДР).

НИВЕЛИРНЫЙ БАШМАК — приспособление, применяемое при нивелировании и служащее для установки на него рейки. Н. б. (рис. 84, *a*) имеет три шипа, которые углубляются в грунт, головку для установки рейки и ручку для переноски. Н. б. должен сохранять устойчивость во время измерения.

НИВЕЛИРНЫЙ КОСТЫЛЬ — приспособление для установки на него нивелирной рейки во время наблюдений (рис. 84, *б*). Н. к. изготавливают из металлических стержней. При забивке Н. к. в грунт его головку, имеющую форму сферы, предохраняют от повреждений специальным колпачком. Для вытаскивания Н. к. из грунта имеется ручка, служащая также для переноски. Длина и форма Н. к. различны.

НИВЕЛИРНЫЙ ХОД — система точек, через которые последовательно проводится нивелирование. В качестве исходных данных в Н.х. принимают пункты высшего класса; как правило, такие пункты выбирают в начале и конце хода. В исключительных случаях разрешается прокладывать висячие ходы, опирающиеся на одну точку, при этом Н.х. измеряют в прямом и обратном направлениях. Если геодезическая сеть сгущения развивается методом полигонометрии, то Н.х. совмещают с ходами полигонометрии.

В зависимости от площади участка и условий местности Н. х. могут прокладывать в виде одиночных ходов, замкнутых полигонов или системы ходов. Во всех случаях длина Н. х. и его точность регламентируются «Инструкцией по нивелированию».

НИВЕЛИРОВАНИЕ — определение превышений между точками земной поверхности. В зависимости от применяемых приборов и ме-

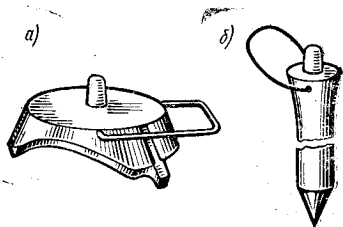


Рис. 84. Нивелирный башмак (*a*) и нивелирный костыль (*б*)

тодов различают Н. геометрическое, тригонометрическое, барометрическое, гидростатическое и др.

Н. барометрическое — нивелирование, основанное на определении превышений по разности атмосферного давления в двух точках местности. Н. б. применяют для определения отметок точек при выполнении глазомерной съемки. Для измерения атмосферного давления используют барометр-анероид или дифференциальный барометр. Нивелирование одним барометром выполняют по замкнутому маршруту с возвращением в исходную точку с известной отметкой. Помимо отсчетов по барометру, в каждой точке измеряют

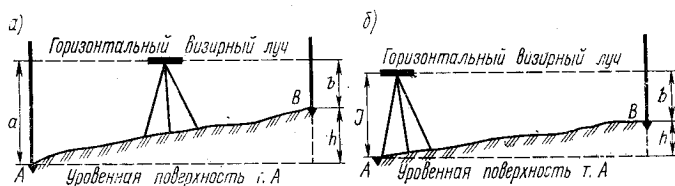


Рис. 85. Схемы нивелирования из середины (а) и вперед (б)

температуру воздуха, а также время наблюдения. При возвращении на исходную точку проводят повторные измерения, сравнивают результаты, вычисляют поправки и вносят их в результаты измерений за изменение давления пропорционально времени. Если поправка за время превышает 0,3 мм на один час, маршрут повторяют. В результате измерений вносят также поправки за температуру воздуха. Превышение между точками находят по формуле $h = \Delta H (B_1 - B_2)$, где ΔH — барическая ступень; B_1 и B_2 — атмосферные давления в двух нивелируемых точках.

Н. геометрическое — вид геодезических измерений, позволяющий определить превышение между точками или их высоты относительно принятой отсчетной поверхности. Основной принцип Н. г. заключается в том, что визирный луч прибора должен быть горизонтален. Измерение состоит в отсчитывании по рейкам высоты визирного луча над точками, в которых отвесно установлены рейки. Различают два способа Н. г.: из середины и вперед. При нивелировании из середины прибор находится между рейками, установленными на башмаках или костылях в точках A и B (рис. 85, а). Превышение одной точки над другой определяется разностью отсчетов по рейкам: $h = a - b$.

Высоту H_B точки B относительно поверхности отсчета, проходящей через точку A , вычисляют по формуле $H_B = H_A + h$.

При нивелировании вперед прибор устанавливают над точкой A (рис. 85, б), измеряют его высоту J и берут отсчет по рейке в точке B . В этом случае $h = J - b$.

Нивелирование из середины предпочтительнее метода нивелирования вперед.

Н. гидростатическое — нивелирование с помощью жидкости, свободная поверхность которой всегда устанавливается нормально к направлению силы тяжести и в сообщающихся сосудах располагается на одном уровне, независимо от массы жидкости и поперечных сечений сосудов. Н. г. выполняют с помощью высотомера гидростатического *, состоящего из двух или более сосудов, соединенных гибким шлангом. Для определения превышения между точками *A* и *B* необходимо измерить высоту столба жидкости *a* в точке *A* и *b* в точке *B*. Превышение $h = a - b$. Н. г. применяют для измерения небольших превышений при наблюдениях за осадками зданий и промышленных сооружений, при монтаже технологического оборудования и изучении вертикальных смещений горных пород.

НИВЕЛИРОВАНИЕ ДВОЙНОЕ — один из способов выполнения основной проверки нивелиров — параллельности оси цилиндрического уровня и визирной оси зрительной трубы нивелира.

НИВЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ — вид геодезических работ, применяемый при выполнении топографических съемок крупного масштаба с изображением рельефа местности при малой высоте сечения, например 0,25 м.

В зависимости от условий местности и требуемой точности Н. п. производят способами параллельных линий, квадратов и магистралей (см. съемка вертикальная площадная *).

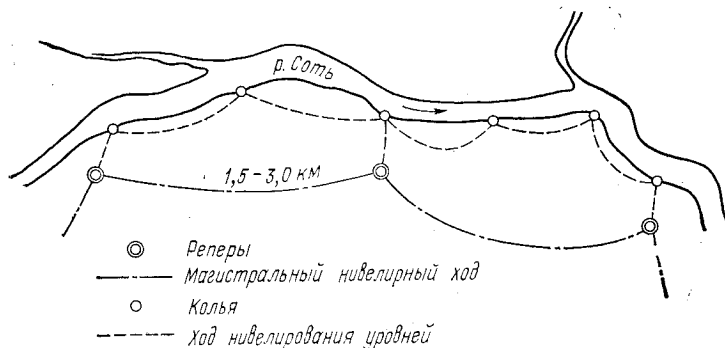


Рис. 86. Схема нивелирования реки

НИВЕЛИРОВАНИЕ РЕКИ — выполняют для составления продольного профиля и определения уклонов реки. Продольный профиль реки используют при проектировании гидроэлектростанций и воднотранспортных расчетах. Для составления продольного профиля реки (рис. 86) прокладывают магистральный нивелирный ход III и IV класса. Реперы хода закладывают на незатопляемых местах, обеспечивающих их сохранность, по возможности ближе к берегу и на водомерных постах. Уровень воды нивелируют одновременно по главному руслу и определяют высоты характерных точек

водной поверхности: перекаатов, плесов, верхнего и нижнего бьефов плотин и шлюзов. Реку разбивают на участки из расчета, чтобы работы на участке можно было бы закончить в один день. Для нивелирования уровней забивают колья вровень с уровнем воды в реке. Уровни нивелируют от реперов и вычисляют уровни среза воды. В характерных точках выполняют нивелирование поперечных профилей, перпендикулярных к руслу реки. Глубины измеряют от уровня воды нивелирными рейками *, наметками *, лотами * и эхолотами. Положения точек промера определяют способами: полярным или угловых засечек.

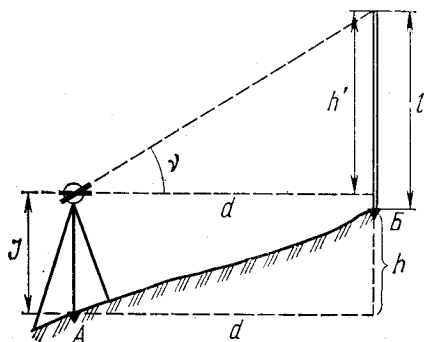


Рис. 87. Схема тригонометрического нивелирования

НИВЕЛИРОВАНИЕ ТРАССЫ — вид геодезических работ, имеющий целью определение отметок точек, закрепленных на оси трассы. При этом, как правило, применяют нивелирование из середины. Если трасса привязывается к одному реперу, то ее нивелируют дважды — в прямом и обратном направлениях. Одновременно с продольным нивелированием трассы выполняют нивелирование поперечных профилей, построенных на перпендикулярах к оси трассы и необходимых для вычисления объемов земляных работ.

Н. ТРИГОНОМЕТРИЧЕСКОЕ — нивелирование с помощью геодезического прибора с наклонной визирной осью. Н. т. основано на измерении теодолитом в точке А угла наклона v ; горизонтального или наклонного расстояния между точками, а также высоты J инструмента и высоты визирования l (рис. 87). Если известно горизонтальное расстояние d , то превышение h вычисляют по формуле $h = h' + J - l$, где $h' = d \operatorname{tg} v$. Эта формула точна только для малых расстояний, когда можно не учитывать влияние кривизны Земли и рефракции. Поправку за кривизну Земли и рефракцию вычисляют по формуле $f = (1 - K)d^2 / (2R)$, где K — коэффициент рефракции; R — радиус Земли.

Н. т. позволяет определять превышения между двумя точками, удаленными друг от друга на значительное расстояние и имеющими оптическую видимость между собой. Н. т. по своей точности уступает геометрическому.

НОМЕНКЛАТУРА ТОПОГРАФИЧЕСКИХ КАРТ И ПЛАНОВ — система разграфки и обозначения отдельных листов многолистной карты.

В системе разграфки, принятой в СССР (рис. 88), всю земную поверхность делят меридианами через 6° на 60 колонн и параллелями через 4° на ряды или пояса. Колонны обозначают арабскими

цифрами, ряды — заглавными буквами латинского алфавита. Счет колонн ведут с запада на восток от меридиана с долготой 180° ; счет рядов — от экватора к северному и южному полюсам. Рамками отдельных листов карты служат параллели и меридианы.

Участок, заключенный в пересечении колонны и ряда, соответствует размеру листа карты масштаба $1 : 1\,000\,000$. Лист карты обозначают шифром ряда и колонны, например N-37. Номенклатура

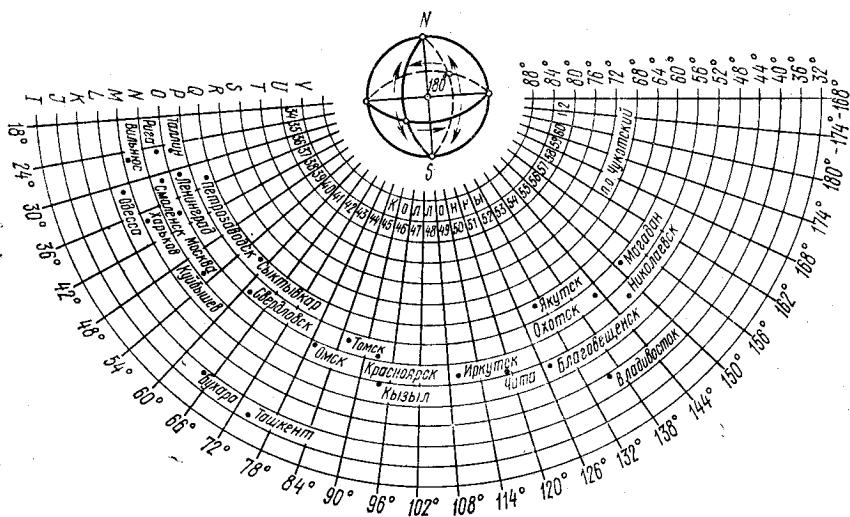


Рис. 88. Разграфка листов карты масштаба $1 : 1\,000\,000$

карты масштаба $1 : 1\,000\,000$ служит основой дальнейшей разграфки карт более крупного масштаба. Так, одному листу карты масштаба $1 : 1\,000\,000$ соответствуют: 4 листа карты масштаба $1 : 500\,000$, обозначаемые заглавными буквами русского алфавита А, Б, В, Г, которые приписывают к номенклатуре миллионного листа; 9 листов карты масштаба $1 : 300\,000$, обозначаемые римскими цифрами I—IX, которые приписывают впереди номенклатуры миллионного листа; 36 листов карты масштаба $1 : 200\,000$, обозначаемые римскими цифрами I—XXXVI, которые приписывают справа к номенклатуре миллионного листа; $144 (12 \times 12)$ листа карты масштаба $1 : 100\,000$, обозначаемые арабскими цифрами 1—144, которые следуют за номенклатурой миллионного листа. Согласно этой разграфке составлена табл. 13 листа карты N-37 масштаба $1 : 1\,000\,000$ для обозначения карт более крупного масштаба.

Лист карты масштаба $1 : 100\,000$ служит основой для разграфки и обозначения листов топографических карт более крупных масштабов. Одному листу карты масштаба $1 : 100\,000$ соответствуют 4 листа карты масштаба $1 : 50\,000$, обозначаемые заглавными буквами русского алфавита А, Б, В, Г, присоединяемыми к номенклатуре сотысячного листа. Номенклатура последнего листа будет

Таблица 13

Масштаб карты	Число листов в одном листе карты масштаба 1 : 1 000 000	Номенклатура последнего листа	Размер рамки	
			по широте	по длине
1 : 500 000	4	N-37-Г	2°	3°
1 : 300 000	9	IX-N-37	1°20'	2°
1 : 200 000	36	N-37-XXXVI	40'	1°
1 : 100 000	144	N-37-144	20'	30'

N-37-144-Г. Одному листу масштаба 1 : 50 000 соответствуют 4 листа масштаба 1 : 25 000, обозначаемые строчными буквами русского алфавита а, б, в, г, присоединяемыми к номенклатуре пятидесятитысячного листа. Одному листу масштаба 1 : 25 000 соответствуют 4 листа масштаба 1 : 10 000, обозначаемые арабскими цифрами 1—4, следующими за номенклатурой двадцатипяти тысячного листа.

Данные для разграфки листа масштаба 1 : 100 000 на листы карт более крупных масштабов представлены в табл. 14.

Таблица 14

Масштаб карты	Число листов в одном листе предыдущего масштаба	Номенклатура последнего листа	Размер рамки, мин	
			по широте	по длине
1 : 100 000	—	N-37-144	20'	30'
1 : 50 000	4	N-37-144-Г	10'	15'
1 : 25 000	4	N-37-144-Г-г	5'	7,5'
1 : 10 000	4	N-37-144-Г-г-4	2,5'	3,75'

Лист карты масштаба 1 : 100 000 служит основой для разграфки и номенклатуры листов планов масштабов 1 : 5000 и 1 : 2000. Одному листу карты масштаба 1 : 100 000 соответствуют 256 (16×16) листов карты масштаба 1 : 5000, которые обозначают арабскими цифрами 1—256, заключаемыми в скобки. Для последнего листа масштаба 1 : 5000, соответствующего листу карты N-37-144 масштаба 1 : 100 000, номенклатура будет N-37-144-(256).

Для обозначения листа плана масштаба 1 : 2000 лист масштаба 1 : 5000 делят на 9 частей, обозначая их строчными буквами русского алфавита а, б, в, ..., и, заключаемыми в скобки. Так, для последнего листа масштаба 1 : 2000 номенклатура будет N-37-144-(256-и). Приведенные данные представлены в табл. 15.

НОРМАЛЬ К ПОВЕРХНОСТИ В ДАННОЙ ТОЧКЕ — прямая, перпендикулярная к касательной плоскости в той же точке. Н. к кривой в заданной точке проходит через эту точку перпендикулярно касательной к кривой в той же точке.

Масштаб карты	Число листов в одном листе предыдущего масштаба	Номенклатура последнего листа	Размер рамки	
			по широте	по долготе
1 : 100 000	—	N-37-144	20'	30'
1 : 5 000	256	N-37-144-(256)	1'15"	1'52,5"
1 : 2 000	9	N-37-144-(256-и)	25"	37,5"

НУЛЕВОЙ ЦИКЛ СТРОИТЕЛЬСТВА — один из этапов строительных работ, предусматривающий сооружение подземной части здания.

ОБНОВЛЕНИЕ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ КАРТ — комплекс топографо-геодезических работ, в результате которого на карту наносятся объекты, появившиеся после ее создания.

В комплекс работ по О. т. к. входит визуальное обследование территории, топографическая или аэрофототопографическая съемка текущих изменений с последующим нанесением их на обновляемую карту.

Согласно инструкции СН 212—73 при изменениях, составляющих 50% и более, топографическую съемку производят заново.

ОБНОСКА — специальное приспособление, применяемое на строительной площадке при выносе осей сооружения и их закреплении. О. делают либо из деревянных столбов и горизонтально прибитых к ним досок, либо из металлических труб (рис. 89). Она может быть сплошной или секционной. О. устанавливается высотой 40—60 см от земли параллельно основным осям сооружения на расстоянии, обеспечивающим ее сохранность во время строительства.

На О. при помощи теодолита переносят и закрепляют основные оси сооружения, после этого при помощи рулетки намечают промежуточные оси и также закрепляют их.

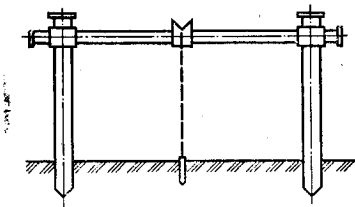


Рис. 89. Обноска

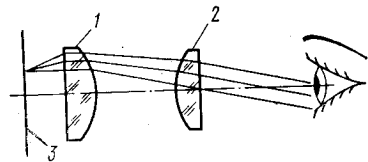


Рис. 90. Окуляр

ОБЩАЯ АРИФМЕТИЧЕСКАЯ СРЕДИНА — наиболее надежное значение искомой величины, получаемое из ряда неравноточных измерений.

О. а. с. определяют по формуле

$$L = (p_1 l_1 + p_2 l_2 + \dots + p_n l_n) / (p_1 + p_2 + \dots + p_n) = [p l] / [p],$$

где l_i — результат измерения; p_i — вес измерения. Средняя квадратическая ошибка О. а. с. $m_L^2 = \mu^2 / [p]$, где μ — средняя квадратическая погрешность измерения, вес которого равен единице (см. погрешности измерений *).

ОКРУГЛЕНИЕ ЧИСЕЛ ПРИ ВЫЧИСЛЕНИЯХ — выполняют по следующим правилам:

- 1) если первая из отброшенных цифр меньше 5, то оставшиеся десятичные знаки остаются без изменений;
- 2) если первая из отброшенных цифр больше 5, то к последней оставшейся цифре прибавляют единицу;
- 3) если первая из отброшенных цифр равна 5 и среди оставшихся отброшенных цифр имеются нулевые, то последняя оставшаяся цифра увеличивается на единицу;
- 4) если первая из отброшенных цифр равна 5 и все остальные отброшенные цифры равны нулю, то последняя отброшенная цифра остается неизменной (если она четная) или увеличивается на единицу (если она нечетная).

При работе с округленными числами рекомендуется в итоговом результате сохранять при сложении и вычитании столько значащих цифр, сколько имеется в наименьшем числе; при умножении и делении — столько десятичных знаков, сколько имеет наименьшее из чисел; при возведении в степень — столько значащих цифр, сколько их имеется в возводимом в степень числе; при извлечении корня столько значащих цифр, сколько их имеет извлекаемое число. Если искомая величина получается в результате нескольких арифметических операций, то во всех промежуточных результатах сохраняется на один знак больше, чтобы правильно округлить окончательный результат. В среднем погрешность округления равна 0,3 единицы округляемого разряда.

Истинную погрешность функции y , обусловленной погрешностями v_i округления аргументов x_i , определяют по формуле Тейлора

$$v_y = \sum_1^n (\partial y / \partial x_i)_0 v_i.$$

ОКУЛЯР — оптическая система, расположенная в зрительной трубе непосредственно перед глазом наблюдателя и предназначенная для рассматривания изображения, образованного предыдущей оптической системой. Фокусное расстояние О. геодезических приборов обычно равно 7—15 мм. О. состоит (рис. 90) из двух частей: полевой линзы 1 (коллектива), расположенной со стороны объектива, и глазной линзы 2. В предметной (фокальной) плоскости 3 расположена сетка нитей, на которой объективом формируется изображение объекта. Передняя (полевая) линза 1 окуляра воспроизводит его как видимое увеличенное изображение, находящееся в фокальной плоскости глазной линзы, при помощи которой это увеличенное изображение проектируется в точку, для нормального глаза находящуюся в бесконечности. Все линзы О. собирают в одной оправе, называемой *окулярной трубочкой*. Последнюю можно

перемещать вдоль оси трубы или микроскопа для установки на резкое изображение сетки нитей по глазу наблюдателя.

ОКУЛЯРНОЕ КОЛЕНО — часть зрительной трубы с окуляром, перемещением которой относительно объектива достигается фокусировка трубы по предмету в трубах с внешней фокусировкой. Линзы окуляра закрепляют не в окулярном колене, а во входящей в него окулярной трубочке. Перемещением окулярной трубочки производят установку трубы по глазу, т. е. получают четкое изображение сетки нитей.

ОПОРНАЯ ТОЧКА в фототопографии — точка местности, опознанная на фотоснимке; используется в аэрофототопографии для привязки аэрофотоснимков. После опознавания точки наземными методами определяют ее координаты. На местности с малой контурностью О. маркируют, т. е. обозначают при помощи полотен, фольги и т. п. непосредственно перед аэрофотосъемкой. О. т. является исходной при фотограмметрических построениях.

ОРГАНИЗАЦИЯ ПОЛЕВЫХ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТ. При съемках местности О. п. г. р. осуществляют по принципу перехода от общего к частному, согласно которому работы выполняют в два этапа. На первом этапе на местности создают геодезическую съёмочную сеть * с густотой и точностью, соответствующей масштабу и методу съемки. На втором этапе выполняют детальные съёмочные работы, заключающиеся в геометрической привязке элементов местности к пунктам съёмочной сети. Такой метод исключает накопление погрешностей при детальной съемке. В подготовительной стадии работ изучают имеющийся картографо-геодезический материал; намечают проект выполнения работ, проводят рекогносцировку местности, выбирают метод создания геодезической съёмочной сети и ее привязки к пунктам высшего порядка, а также места расположения точек съёмочной сети и способы их закрепления; делают проверки инструментов; составляют график работ и смету расходов. Технический проект работ представляют в территориальное отделение Госгеонадзора, которой выдается разрешение на производство работ. Принципы О. п. г. р. для обслуживания строительства приводятся в проекте производства инженерно-геодезических работ (ППГР)*.

ОРИЕНТИРОВАНИЕ ЛИНИЙ — определение направления линии относительно другого направления, принятого за исходное. В качестве исходных направлений в геодезии используют: астрономический или геодезический меридиан точки, магнитный меридиан и линию, параллельную оси абсцисс в плоской прямоугольной системе координат (осевой меридиан в проекции Гаусса—Крюгера). В соответствии с принятыми исходными направлениями у каждой линии местности могут быть три ориентирных угла: истинный азимут A , магнитный азимут A_m и дирекционный угол α . Связь между этими углами определяется формулами $A = \alpha + \gamma$; $A = A_m + \delta$, где γ — Гауссово сближение меридианов; δ — магнитное склонение.

Из наблюдений на местности можно получить величину истинного или магнитного азимутов направления линии. Дирекционный угол вычисляют по известным прямоугольным координатам конечных точек линии (из решения обратной геодезической задачи), либо измеряют по карте, либо получают путем измерения горизонтального угла β между линией с известным дирекционным углом и данной линией (рис. 91): $\alpha_{1-3} = \alpha_{1-2} + \beta_1$.

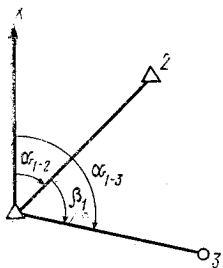


Рис. 91. Определение дирекционного угла смежных сторон геодезической сети

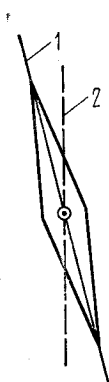


Рис. 92. Оси магнитной стрелки

Астрономический азимут на местности определяют путем измерения горизонтального угла β между светилом с известными координатами и данным направлением. С этой целью предварительно вычисляют в момент наблюдения азимут светила A_* в точке с заданными астрономическими координатами и находят азимут истинного направления из соотношения $A = A_* + \beta$.

Величину A можно определить также с помощью гироскопических приборов (гироскопических теодолитов *). Такие способы ориентирования называют *автономными*.

ОРИЕНТИРНЫЙ ПУНКТ — пункт, закрепляющий на местности направление с данного геодезического пункта. О. п. представляет собой точку с подземным центром и опознавательным столбом; закрепляется на расстоянии от 250 до 1000 м от данного пункта. О. п. должен быть виден в теодолит, устанавливаемый на пункте. Углы между сторонами геодезической сети и О. п. измеряются с погрешностью не более 1,5".

ОСЬ ВИЗИРНАЯ — прямая, соединяющая заднюю главную точку объектива зрительной трубы с перекрестием сетки нитей.

ОСЬ ВРАЩЕНИЯ ПРИБОРА ВЕРТИКАЛЬНАЯ — основная ось, около которой осуществляется поворот прибора в горизонтальной плоскости. О.в.п.в. является базой, относительно которой komponуются, в соответствии с геометрической схемой прибора, остальные его детали. Для проведения О. в. п. в. в отвесное положение используют уровень и подъемные винты подставки прибора. У теодолита О. в. п. в. — ось вращения алидады горизонтального круга.

ОСЬ ВРАЩЕНИЯ ПРИБОРА ГОРИЗОНТАЛЬНАЯ — ось вращения трубы теодолита в отвесной плоскости.

ОСЬ МАГНИТНАЯ СТРЕЛКИ БУССОЛИ — линия, проходящая через магнитные полюсы стрелки. Ось магнитная 2 должна со-

впадать с геометрической осью 1 стрелки. Если между этими осями имеется угол (рис. 92), то определяемые магнитные азимуты или румбы будут ошибочны на величину этого угла. Обнаружить несоответствие осей можно после сравнения показаний испытываемой буссоли с показаниями выверенной буссоли. В современных буссолях стрелки изготавливают из пластин, устанавливаемых на ребро. Тем самым почти исключается несоответствие указанных осей.

ОСЬ РАЗБИВОЧНАЯ — ось сооружения, по отношению к которой в разбивочных чертежах указывают данные для выноса в наружу сооружения или отдельных его частей.

Способ построения О. р. выбирают в соответствии с техническими требованиями и точностью, установленной в проекте производства геодезических работ (ППГР).

ОСЬ СООРУЖЕНИЯ ЛИНЕЙНОГО ТИПА (ось трассы) — линия, проходящая по середине сооружения в продольном его направлении. На местности О. с. л. т. обозначают точками поворота и пикетами. Эти точки закрепляют геодезическими знаками. По оси сооружения проводят геодезические измерения, необходимые для составления профиля и проекта сооружения (съемку местности, нивелировку и т. д.).

ОТВЕС — механический центрир маятникового типа, задающий положение отвесной линии и предназначенный для отвесного проектирования точек.

ОТВЕСНОСТЬ КОЛОНН — необходимое условие монтажа сооружений. Проверку отвесности отдельно стоящей колонны выполняют вначале от нити отвеса, а затем при помощи теодолита в двух взаимно перпендикулярных плоскостях. С этой целью вверху и внизу колонны наносят осевые риски и после наведения зрительной трубы на верхнюю риску опускают визирную ось до уровня нижней риски, замечают и измеряют отклонение верхней риски относительно нижней. Отвесность ряда колонн проверяют методом бокового нивелирования относительно вспомогательной оси, параллельной ряду колонн и закрепленной на расстоянии 0,5—0,7 м от колонн. Поставив теодолит на вспомогательную ось и сориентировав визирную ось по этому направлению, прикладывают пятку горизонтальной рейки к осевым меткам каждой колонны вверху и внизу и берут отсчеты по вертикальной нити сетки; по сходимости отсчетов судят о правильности установки данного ряда колонн. Проверку выполняют при двух положениях трубы (КП и КЛ).

ОТВЕСНАЯ ЛИНИЯ — прямая, совпадающая с направлением вектора силы тяжести в данной точке. Вследствие лунно-солнечных возмущений направление О. л. может колебаться в течение суток до 0,02". При продолжении силовой линии в глубь Земли она представляется линией двоякой кривизны вследствие неравномерного распределения масс в теле Земли. Силовая линия в нормальном поле тяготения — плоская кривая, направленная к центру тяготения.

ния и обращенная вогнутостью в сторону полюса; лежит в плоскости меридиана точки.

ОТКРАСКА — способ закрепления (маркировки) осей сооружений на стенах окружающих зданий или местных предметов. О. применяют в тех случаях, когда нецелесообразно или невозможно сделать обноску, например на плотно застроенной территории. Способ О. иногда называют способом *цветных рисок*. Среднюю риску наносят тонкой цветной несмываемой линией, а две другие широкие цветные полосы — на равном удалении с обеих сторон (см. рис. 47, б).

ОТМЕТКА ПРОЕКТНАЯ — высота точки или плоскости, заданная проектом. Если проектную линию или поверхность проектируют под условием баланса земляных работ, когда объем выемок на отдельном участке должен быть равен объему насыпей на нем, то О. п. определяют как среднюю весовую из всех отметок поверхности Земли.

ОТМЕТКА РАБОЧАЯ — разность между существующей фактической отметкой поверхности Земли H и проектной отметкой $H_{пр}$, т. е. $\Delta h = H - H_{пр}$. Положительное значение Δh указывает, что проектная плоскость расположена ниже поверхности Земли, поэтому для доведения фактической (черной) отметки до проектной нужно сделать выемку. Отрицательное значение Δh указывает на необходимость насыпи земли в данной точке.

ОТМЕТКА ТОЧКИ НУЛЕВЫХ РАБОТ (синяя) — высота точки пересечения фактического и проектного профилей местности (см. рис. 71). В этой точке $H = H_{пр}$. Отметку точки M вычисляют по формуле $H_M = H_{A пр} + i(d - x)$; для контроля — по формуле $H_M = H_{B пр} - ix$. Здесь $H_{A пр}$ и $H_{B пр}$ — проектные отметки точек A и B , а расстояния $d - x$ и x вычисляют по данным профиля (см. линия нулевых работ *).

ОТМЕТКА СТРОИТЕЛЬНОГО НУЛЯ — высота уровня чистого пола первого этажа. Эта высота задается в проекте объекта строительства. О. с. н. выносятся на строительной площадке геометрическим нивелированием.

ОТМЕТКА ФАКТИЧЕСКАЯ — высота физической поверхности Земли, полученная по результатам нивелирования.

ОТРАЖАТЕЛЬ СВЕТОДАЛЬНОМЕРА — часть светодальномера, служащая для отражения светового пучка от приемопередатчика.

О. с. зеркально-линзовый (рис. 93, а) — оптическая система, состоящая из нескольких линз и плоского зеркала, расположенного в их фокальной плоскости. Отражатель такого типа достаточно прост в изготовлении, если $d/f \leq 1:10$, где d — диаметр; f — фокусное расстояние линзы. При работе с зеркально-линзовым отражателем требуется точное ориентирование его по отношению

к прямо-передатчику. Например, для получения обратного светового потока с потерей, из-за неточной ориентировки, не более 3% необходимо ориентировать отражатель с точностью 1°. Общие потери света, с учетом просветления оптики и качества зеркала, составляют 12—20%. К недостаткам такого О.с.з.л. можно отнести значительные его габариты.

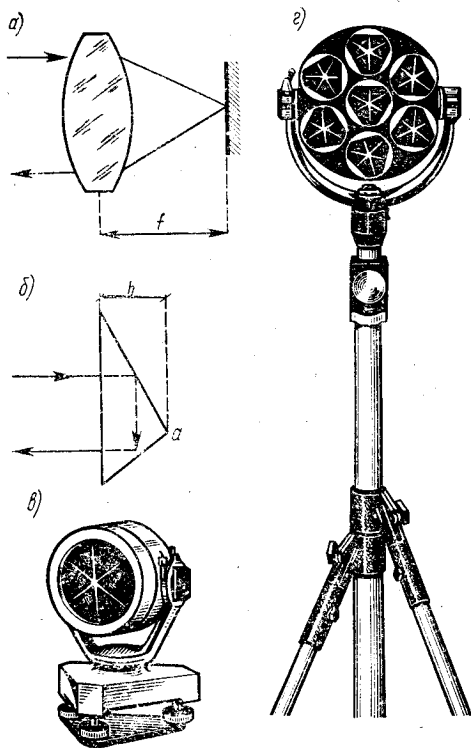


Рис. 93. Отражатели светодальнометра:
 а — элемент зеркально-линзового отражателя;
 б — элемент призмного отражателя; в — одно-призмный отражатель; г — блок отражателей

О.с. призмный — оптическая система, состоящая из нескольких стеклянных трехгранных призм с углами при вершине α (рис. 93, б), равными 90°. Луч света, падающий из окружающей

среды на входную грань призмы под углом α , претерпевает в ней трехкратное полное внутреннее отражение и, пройдя внутри призмы путь, равный двум ее высотам h , выходит смещенным, но параллельным падающему лучу. Призмные отражатели мало чувствительны к точности их ориентирования в направлении на прямо-передатчик. По сравнению с зеркально-линзовым призмный отражатель имеет значительно меньшие габариты и массу.

В зависимости от длины измеряемого расстояния при наблюдениях используют отражатели с различным числом призм (рис. 93, в).

ОТСЧЕТНЫЙ МИКРОСКОП (рис. 94) — оптическая система, состоящая из объектива 3 и окуляра 1, каждый из которых состоит из нескольких линз. О. м. применяют для отсчитывания по шкалам 2

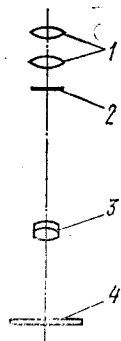


Рис. 94.
 Схема отсчетного микроскопа

и 4 и кругам геодезических приборов. По конструкции различают следующие виды О. м.: микроскоп-микрометр, оптический микрометр штриховой и шкаловый.

Микроскоп-микрометр — состоит из отсчетного микроскопа и винтового микрометра для точного измерения расстояния от нуль-пункта до ближайшего штриха шкалы. Винтовой микрометр (рис. 95, а) имеет точный измерительный винт 1, перемещающий каретку 3 с биссектором нитей 4. Перемещение каретки измеряют

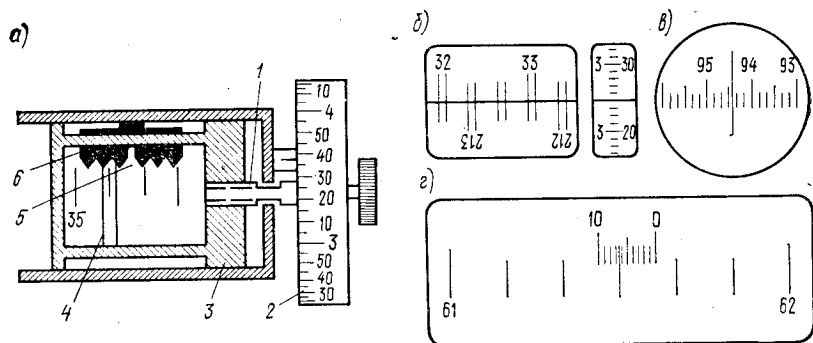


Рис. 95. Схемы винтового микрометра (а), оптического микрометра (б), штрихового микроскопа (в) и шкалового микроскопа (г)

по барабану 2, на котором нанесены деления. Для счета числа оборотов винта используют гребенку 6. Средний уступ гребенки 5, обозначающий нуль-пункт микрометра, выделен. При изменении расстояния от нуль-пункта до ближайшего штриха шкалы биссектор нитей микроскопа совмещают с этим штрихом и отсчитывают по гребенке число полных оборотов винта, а по шкале барабана — доли оборота. На рис. 95, а показан отсчет по М. м. с ценами делений: барабана $5''$ и лимба $10'$, равный $35^{\circ} + 10' + 5' + 3'38'' = 35^{\circ}18'38''$, где $5'$ — один оборот барабана.

Микрометр оптический имеет элементы, при повороте которых изображение шкалы смещается. При этом небольшому смещению соответствует значительное перемещение оптического элемента, что позволяет с большой точностью измерять расстояния от нуль-пункта до ближайшего штриха основной шкалы. Основные части М. о. — компенсатор, используемый для смещения изображения основной шкалы, и шкала микрометра — для измерения перемещения или поворота компенсатора. В качестве компенсаторов применяют плоскопараллельные пластины, оптические клинья, длиннофокусные линзы; для отсчитывания по кругам теодолитов применяют односторонние и двусторонние М. о. В односторонних М. о. отсчеты производят по одной стороне лимба, а в двусторонних — одновременно по диаметрально-противоположным штрихам лимбов. Двусторонние М. о. свободны от влияния эксцентриситета алидады. На рис. 95, б приведен отсчет по двустороннему М. о. тео-

долита. При отсчете винтом совмещают изображения штрихов основной шкалы. Число градусов определяют по ближайшему надписанному младшему штриху (32°). Число десятков минут (четыре) равно числу делений между младшим надписанным штрихом и диаметрально противоположным ему штрихом (212°). Цена деления шкалы микрометра $1''$, отсчет по ней $3'24''$. Полный отсчет $32^\circ + 10' \cdot 4 + 3'24'' = 32^\circ 43'24''$.

Микроскоп штриховой — устройство для отсчета по шкалам геодезических приборов, состоящее из микроскопа (см. рис. 94), увеличивающего видимую величину деления основной шкалы 4 и стеклянной плоскопараллельной пластины со штрихом 2 (индексом) для отсчитывания по шкале. Штрих-указатель — тонкий штрих, нанесенный на стеклянной пластинке, располагается в плоскости изображения шкалы, даваемого объективом микроскопа, и служит для получения отсчета по младшему штриху и для оценки на «глаз» интервала до этого штриха. Полный отсчет соответствует длине шкалы от начала до младшего штриха ($94^\circ 20'$) плюс оцениваемый на глаз интервал ($6'$) от младшего штриха до штриха-указателя. На рис. 95, в изображен штриховой микроскоп, по которому отсчет равен $94^\circ 26'$.

Микроскоп шкаловый — то же, что и микроскоп штриховой, но на плоскопараллельной пластине нанесен не один штрих, а n штрихов, образующих дополнительную шкалу микроскопа. Цена деления дополнительной шкалы $\mu = l/n$, где l — цена деления основной шкалы. При оценке на «глаз» можно произвести отсчет от $0,1 \mu$. На рис. 95, г изображено поле зрения шкалового микроскопа, отсчет по которому равен $61^\circ 36,3'$.

ПАНТОГРАФ — механический прибор, служащий для перечерчивания графических документов с изменением масштаба или без изменения. Состоит из четырех попарно параллельных линеек, соединенных шарнирно в точках *A*, *B*, *C*, *D* и образующих параллелограмм (рис. 96). Точка *A* является неподвижным полюсом пантографа, в точке *F* помещен обводной шпиль, а в точке *K* — карандаш.

При обведении шпилем *F* линий оригинала карандаш *K* вычерчивает его копию. Для достижения подобия оригинала и копии точки *F*, *K*, *A* должны находиться на одной прямой. Масштаб оригинала и копии задается передвижением линейки *CD* вдоль *AE* и *BF*.

ПАРАЛЛАКС СЕТКИ НИТЕЙ — кажущееся смещение положения предмета в зрительной трубе вследствие перемещения глаза наблюдателя. В геодезических приборах П. с. н. возникает в случае, когда сетка нитей не совпадает с плоскостью изображения предмета. Для устранения П. с. н. нужно вначале установить трубу по глазу, т. е. добиться четкого изображения сетки нитей перемещением линзы окуляра, а затем вращать кремальеру до тех пор, пока изображение предмета не станет четким и резким. Тогда при перемещении глаза крест сетки нитей будет покрывать одну и ту же точку наблюдаемого предмета.

ПАРАЛЛЕЛЬ — воображаемая линия на земной поверхности, все точки которой имеют одинаковую широту. П. географическая — линия пересечения с земной поверхностью плоскости, перпендикулярной оси вращения Земли.

ПЕРЕНЕСЕНИЕ НА МЕСТНОСТЬ ПРОЕКТНОГО ЗНАЧЕНИЯ ЛИНИИ — один из видов геодезических построений, чаще всего связанный с перенесением проекта сооружения на местность; выполняется в такой последовательности:

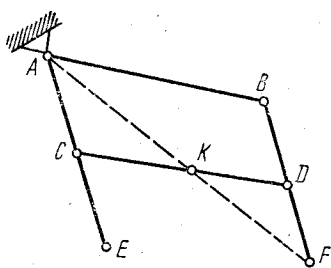


Рис. 96. Схема пантографа

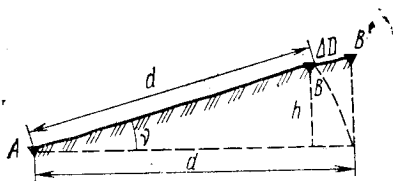


Рис. 97. Схема перенесения на местность проектного отрезка линии

1) от начальной точки A по заданному направлению AB (рис. 97) откладывают мерным прибором отрезок d и закрепляют временную точку B ;

2) измеряют угол ν наклона этой линии или превышение h между конечными точками отрезка AB ;

3) вычисляют длину наклонного расстояния, соответствующего горизонтальному проложению, т. е. $D = d / \cos \nu \approx d + h^2 / (2d)$;

4) измеряют температуру $t_{\text{изм}}$ мерного прибора и вычисляют его действительную длину l_t с учетом поправок $\Delta l_{\text{комп}}$ за компарирование и Δl_t за температуру измерения: $l_t = l_0 + \Delta l_{\text{комп}} + \alpha l_0 (t_{\text{изм}} - t_{\text{комп}})$, где l_0 — номинальная длина мерного прибора; α — коэффициент линейного расширения рабочей меры; $t_{\text{комп}}$ — температура компарирования мерного прибора;

5) определяют число n уложений мерного прибора в отрезке D и величину D' этого отрезка в масштабе мерного прибора l_0 : $n = D / l_t$; $D' = n l_0$;

6) вычисляют приращение отрезка $\Delta D = D' - d$, откладывают его от точки B по направлению AB и закрепляют искомую точку B' :

Пример. Дано: $d = 45,05$ м, $\nu = 5^{\circ}06'$, $t_{\text{изм}} = 40^{\circ}$, $\alpha = 0,000012$, $l = 20,00 + 0,010 = 20,01$ м при $t_{\text{комп}} = 15^{\circ}$.

Решение. $l_t = 20,01 + 0,006 = 20,016$ м, $D = 45,23$ м, $n = 2,2596$, $D' = 45,19$ м, $\Delta D = 0,143$ м.

Контроль: $D = 45,19 + 2,26 \cdot 0,01 + 0,006 \cdot 2,26 = 45,23$ м, $d = D - 2D \sin^2 (\nu/2) = 45,23 - 0,18 = 45,05$ м.

ПЕРЕНЕСЕНИЕ ПРОЕКТА В НАТУРУ (разбивочные работы) — комплекс геодезических построений, выполняемых на строительной площадке для переноса в натуру (на местность) местоположения красных линий застройки, осей проездов и подземных инженерных сетей, пунктов геодезической строительной сетки, а также главных, основных и дополнительных осей сооружений.

Исходные данные для перенесения проекта в натуру: генеральный план сооружения; пункты геодезической основы; координаты красных линий проездов; главных точек зданий и углов поворота подземных инженерных сетей.

Для перенесения проекта в натуру составляют разбивочный чертеж, на котором показывают угловые и линейные параметры, необходимые для построения на местности конкретных точек сооружения. Перенесение в натуру проектных отметок производится от существующей нивелирной сети.

ПЕРЕХОДНАЯ КРИВАЯ — кривая переменного радиуса на трассе проектируемого сооружения, сопрягающая прямую часть трассы с круговой кривой. На П. к. железных дорог осуществляют «отведение возвышения» наружного рельса до уровня внутреннего, а на автодорогах «отгон виража», т. е. переход от односкатного поперечного профиля к двускатному.

Уравнение П. к. $\rho = c/s$, где $c = av^2/(ig)$ — постоянная величина, называемая *параметром переходной кривой*; s — расстояние от начала переходной кривой до текущей точки; a — ширина пути; v — скорость движения; i — продольный уклон отвода возвышения рельса или отгона виража; g — ускорение свободного падения.

Лучше всего уравнению Н. к. соответствует спираль (клотоид), уравнение которой в полярных координатах $s^2 = 2c\varphi$, где φ — угол между осью абсцисс и касательной к кривой в текущей точке.

ПИКЕТ — точка трассы, предназначенная для закрепления заданного интервала. При нивелировании трассы П. служат для установки на них реек. По вычисленным отметкам П. и других закрепленных точек составляют профиль трассы. П. обычно устанавливают на оси трассы через каждые 100 м, а на застроенной территории значительно чаще — через 40, 20 или 10 м.

П. плюсовой — точка, обозначающая на местности характерные отличия рельефа — перегибы, а также места пересечения трассы с границами контуров и водоемов.

П. рубленый (или неполный) — устанавливают в том случае, когда расстояние между пикетами не равно стандартной величине. В настоящее время рубленых П. стараются избегать;

П. связующий (х-пикет) — встречается в тех случаях, когда по условиям местности для выполнения нивелирования оси трассы необходимо установить дополнительный пикет для связи двух станций нивелирования.

ПИКЕТАЖ — система обозначения и закрепления на местности точек трассы. Нумерацию пикетажных точек начинают в начальной

точке трассы, всегда обозначаемой *пк0*, т. е. нулевой пикет, и далее продолжают ее в порядке возрастания по ходу трассы (*пк1*, *пк2* и т. д.). Разбивка пикетажа осуществляется в процессе проложения теодолитного хода по оси трассы с одновременной съемкой ситуации по обе стороны от оси в заданных пределах.

ПИКЕТАЖНЫЙ ЖУРНАЛ — основной полевой документ, составляемый при разбивке пикетажа на трассе. П. ж. делают из миллиметровой бумаги, для того чтобы абрис съемки можно было вычерчивать в принятом масштабе. В П.ж. заносят результаты угловых и линейных измерений, номера точек, расчеты пикетажных обозначений точек, элементы кривых, а также составляют абрис съемки полосы участка местности вдоль оси трассы (рис. 98). Ось трассы в П.ж. показывают условно в виде прямой линии, а углы поворота трассы — стрелками.

ПЛАН КРАСНЫХ ЛИНИЙ — часть проекта детальной планировки города, на котором показаны установленные границы застройки. Красные линии застройки задаются координатами нескольких точек и высотными отметками, согласованными с существующей застройкой, инженерным оборудованием и благоустройством города.

На П.к.л. определяют сетку кварталов, улиц, проездов, а также закрепляют размеры площадей города. На основании П.к.л. определяют

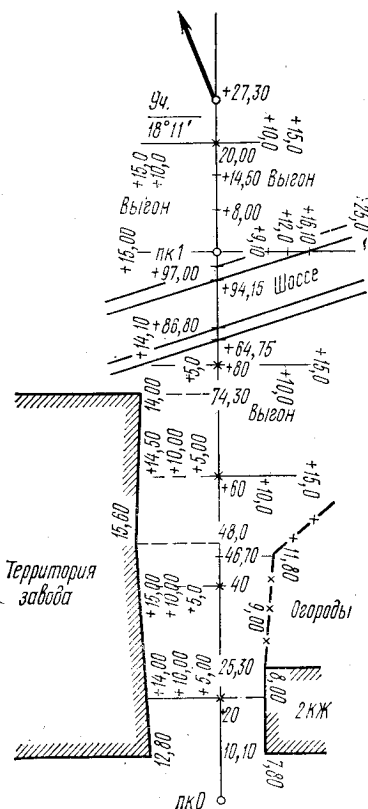


Рис. 98. Пикетажный журнал

координаты красных линий и отметки для застраиваемых в городе участков.

ПЛАН ТРАССЫ — горизонтальная проекция контуров местности, построенная вдоль оси трассы в заданном масштабе для полосы установленных размеров.

На П. т. ось показывают прямой линией красного цвета. В точках поворота трассы стрелками указывают ее новые направления. Ситуацию местности на П. т. вычерчивают условными знаками.

ПЛАНИМЕТР ПОЛЯРНЫЙ (рис. 99) — состоит из полюсного 1 и обводного 3 рычагов и счетного механизма. Игла на грузе 2 полюсного рычага является полюсом планиметра. Каретка счетного механизма может передвигаться вдоль обводного рычага. От

ее положения зависит длина обводного рычага — расстояние от обводной иглы до углубления на счетном механизме для шарнира полюсного рычага. С изменением длины обводного рычага изменяется цена деления планиметра.

Счетный механизм состоит из трех частей: циферблата, счетного колеса и верньера. Обвод счетного колеса разделен на 100 ча-

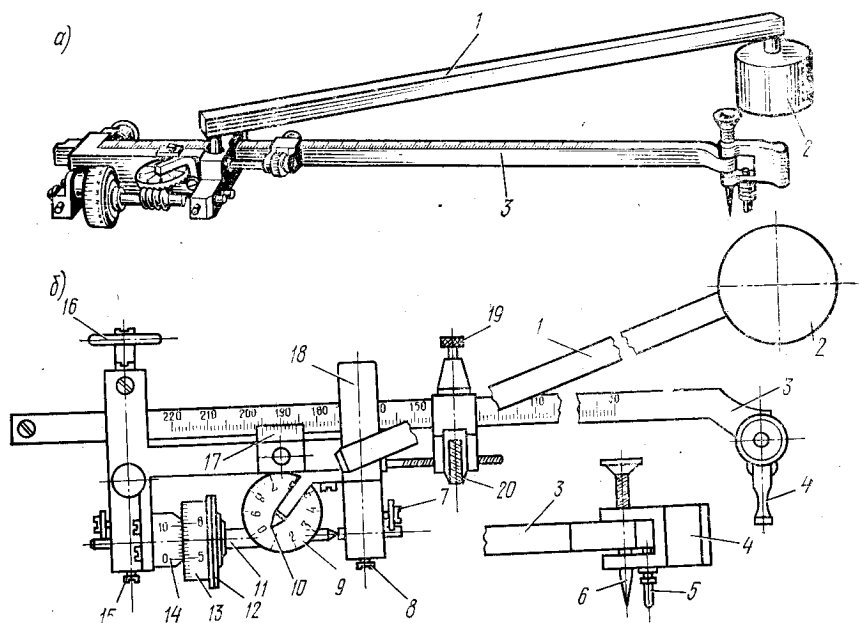


Рис. 99. Полярный планиметр:

a — общий вид; *b* — основные части; 1 — полюсный рычаг; 2 — груз полюса; 3 — обводной рычаг; 4 — ручка; 5 — стержень; 6 — игла; 7 — закрепительный винт оси; 8 и 15 — защепительные винты; 9 — циферблат; 10 — стрелка; 11 — ось счетного ролика; 12 — колесо счетного ролика; 13 — барабан; 14 и 17 — верньеры; 16 — колесо каретки; 18 — каретка; 19, 20 — установочные винты каретки

стей. Верньер служит для отсчитывания десятых долей делений счетного колеса. Отсчет по П. п. выражается четырехзначным числом. Первая цифра снимается с циферблата, вторая и третья — со счетного колеса до нуля верньера; четвертая цифра — номер штриха верньера, совпадающего с каким-либо штрихом счетного колеса (на рис. 132 отсчет равен 0500).

При работе с П. п. следует соблюдать следующие правила: при обводе контура угол между рычагами не должен быть меньше 30° и больше 150° . Обводное колесо должно вращаться свободно.

Площадь фигуры в делениях планиметра определяется по разности двух отсчетов u — до и после обведения фигуры.

Для определения цены деления s планиметра берут участок на плане, площадь S_0 которого известна, и измеряют эту площадь в

делениях планиметра при положении полюса вне фигуры. Получив значение $S_0' = u_2 - u_1$, вычисляют цену деления $c = S_0/S_0' = S_0/(u_2 - u_1)$.

Постоянное число планиметра q равно площади круга с радиусом, равным длине обводного рычага и выраженного в делениях планиметра. Для определения q обводят площадь какой-нибудь фигуры с полюсом вне контура и получают первую разность отсчетов. Затем устанавливают полюс внутри фигуры и получают после обвода вторую разность отсчетов. Вычтя из первой разности вторую, находят постоянное число планиметра.

Планиметр должен удовлетворять следующим условиям: 1) счетное колесо должно вращаться легко и свободно; 2) плоскость счетного колеса должна быть перпендикулярна к оси обводного рычага.

ПЛОСКОСТЬ ВЕРТИКАЛЬНАЯ (отвесная) — любая плоскость, проходящая через отвесную линию данной точки.

ПЛОСКОСТЬ ГОРИЗОНТАЛЬНАЯ — плоскость, перпендикулярная к отвесной линии данной точки.

ПОВЕРКИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ — имеют целью обнаружить соответствие взаимного расположения осей и плоскостей данного геодезического прибора с его теоретической (геометрической) схемой.

П. буссоли магнитной. *Магнитная стрелка должна быть хорошо намагничена, а шпиль — хорошо отточен, опорный камень отшлифован.* Для проверки производят отсчет по кольцу буссоли против конца стрелки. Затем к стрелке подносят и убирают железный предмет. Дав стрелке успокоиться, производят второй отсчет. Если отсчеты совпадают, а стрелка устанавливается после непродолжительных колебаний, то условие выполнено.

Магнитная стрелка должна быть уравновешена. Установив буссоль горизонтально, смотрят на концы стрелки. Если они находятся на одинаковой высоте относительно плоскости кольца буссоли, то условие выполнено.

Ось вращения магнитной стрелки должна проходить через центр буссоли, т. е. магнитная стрелка не должна иметь эксцентриситета. Влияние эксцентриситета обнаруживается отсчетами по обоим концам стрелки; на разных частях кольца буссоли они должны отличаться на 180° .

Магнитная ось стрелки должна совпадать с геометрической. Обнаружить несовпадение осей можно после сравнения показаний испытываемой буссоли с показаниями выверенной буссоли. В современных буссолях стрелки делают в виде узких пластинок, устанавливаемых на ребро. Этим почти исключается несовпадение указанных осей стрелки.

Определение поправки буссоли. Поправка буссоли определяется сравнением показаний рабочей и нормальной буссолей. Разность между их показаниями называется *поправкой буссоли*.

П. гиротеодолита — разделяют на поверки угломерной части, гироблока и вспомогательных приспособлений. *Поверки угломерной части:* оптическое качество зрительной трубы; совмещение штрихов горизонтального круга; мертвый ход оптического микрометра; рен оптического микрометра; правильность вращения алидады горизонтального круга; наклон горизонтальной оси вращения трубы; коллимационная погрешность трубы; правильность установки сетки нитей в зрительной трубе. Эти поверки выполняют аналогично поверкам оптических теодолитов. *Поверки гироблока:* технический осмотр гиротеодолита, блока питания, установочного приспособления. Особое внимание необходимо обращать на исправность механизмов блокировки и арретирования. Поверку стабильности нуля-пункта и периода свободных колебаний производят в процессе выполнения наблюдений гироазимута. Поверку значения постоянной поправки гиротеодолита производят два-три раза в течение полевого сезона на сторонах государственной геодезической сети или линии, азимут которой определен астрономическими методами.

П. дальномеров оптических. Основная задача поверок — установление действительного значения коэффициента дальномера и постоянной поправки. Кроме того, выполняют поверки и юстировки отдельных частей дальномера, исследуют ошибки измерительных шкал и микрометров, определяют мертвый ход и точность измерения параллактического угла. В дальномерях с постоянным углом исследуют приспособления, обеспечивающие постоянный угол (сетку нитей, призмы), работу отсчетных приспособлений, предназначенных для оценки долей делений рейки, а также погрешности нанесения делений рейки.

Исследование дальномерных реек проводят с целью определения длины рейки и ее изменений под воздействием изменения внешних условий.

Действительное значение коэффициента дальномера и постоянной поправки определяют на отрезках-базисах, заранее измеренных с повышенной точностью. Базисы берут разной длины в диапазоне расстояний, измеряемых дальномером. Эти отрезки измеряют дальномером в разных условиях — утром, вечером, в пасмурную и ясную погоду, чтобы в среднем значении из этих измерений ослабить влияние внешних факторов. По результатам измерений вычисляют значения коэффициента и постоянной поправки дальномера, поскольку значения измеряемых расстояний заранее известны. Такие поверки проводят перед началом и по окончании полевых работ.

П. кипрегеля. *Скошенный край линейки кипрегеля должен быть прямой линией, а ее нижняя поверхность — плоскостью.*

Подвижная линейка, находясь на разных расстояниях от основной линейки, должна оставаться параллельной самой себе. Расстояния между линиями, прочерченными по подвижной линейке при разных ее положениях, должны быть одинаковыми. Допускаются расхождения 0,2 мм.

Ось цилиндрического уровня на линейке кипрегеля должна быть параллельна нижней плоскости линейки. Кипрегель устанавливают на планшете по направлению двух подъемных винтов подставки мензулы и с их помощью пузырек уровня приводят на середину. Затем переставляют кипрегель на 180° . Исправительными винтами уровня перемещают пузырек на половину отклонения, а подъемными винтами снова приводят его на середину. Условие считается выполненным, если после перестановки кипрегеля на 180° пузырек отклоняется не более чем на два деления.

Визирная ось зрительной трубы должна быть перпендикулярна оси вращения трубы. Центр сетки нитей наводят на отдаленную точку местности при двух положениях вертикального круга. После каждого наведения по скошенному краю линейки прочерчивают линию. Если линии совпадут или будут параллельны, то коллимационная ошибка отсутствует. При наличии угла между линиями линейку кипрегеля устанавливают на биссектрисе этого угла и, глядя в трубу и действуя исправительными винтами сетки нитей, совмещают ее центр с изображением наблюдаемой точки.

Ось вращения зрительной трубы должна быть параллельна нижней плоскости линейки. Поверку проводят так же, как поверку перпендикулярности оси вращения трубы и основной оси в теодолите. У современных кипрегелей юстировку выполняют в оптико-механических мастерских.

Коллимационная плоскость трубы должна проходить через скошенное ребро линейки кипрегеля или быть ему параллельной. Для проверки этого условия наводят центр сетки нитей на удаленную точку и вдоль скошенного края линейки устанавливают отвесно тонкие иглы на расстоянии 2—3 дм одна от другой. Если точка местности окажется в отверстии с иглами, то условие выполнено. Если проверяемое условие не соблюдается, то съемку можно вести только при одном положении трубы (КП или КЛ).

П. лучевых геодезических приборов — в зависимости от назначения прибора различны. Наиболее общими являются следующие требования:

Соблюдение правильной геометрической формы светового пятна. На нескольких точках, равномерно расположенных в пределах дальности действия прибора, устанавливают экраны и наблюдают форму пятна. Юстировку производят перемещением источника излучения с помощью юстировочных винтов относительно трубы коллиматора или заменой источника излучения.

Соблюдение неизменности положения оси светового пучка при изменении фокусировки. С помощью теодолита на горизонтальном участке разбивают створ, располагая точки створа равномерно в пределах дальности действия ЛГП (через 10 или 20 м). Затем устанавливают ЛГП, наводят на конечную точку створа и повторяют разбивку, при этом в каждой точке фокусируют световой луч, добиваясь минимального диаметра пятна. Допускаются отклонения в пределах точности работ.

Соблюдение неизменности положения оси светового пучка во времени. При использовании ЛГП вследствие неравномерного его нагрева происходят деформации прибора, изменяющие положение светового пучка в пространстве. Прежде чем приступить к исследованиям, дают время на прогрев в соответствии с инструкцией, прилагаемой к прибору. На точке, расположенной вблизи прибора, устанавливают полупрозрачный, а на некотором расстоянии (~ 100 м) непрозрачный экраны с координатными сетками. Определяя координаты центра пятна одновременно на двух экранах через равные промежутки времени, судят об изменении положения луча вследствие нагрева прибора.

П. мензулы. Мензула должна быть устойчивой. Кипрегель устанавливают на планшет, закрепляют его и наводят центр сетки нитей на отдаленную точку местности. Нажимают слегка на край планшета. Если после прекращения нажима центр сетки нитей вновь устанавливается на ту же точку, то условие выполнено.

Верхняя поверхность планшета должна быть плоскостью. Прикладывают к поверхности планшета ребро выверенной линейки. Условие считается выполненным, если просветы не превышают 0,5 мм. Исправление производится в мастерской.

Верхняя поверхность планшета должна быть перпендикулярна к оси вращения планшета. Проверка производится при помощи выверенного уровня на линейке кипрегеля. Если при вращении планшета пузырек уровня отклоняется от нуля-пункта не более чем на два деления, то условие выполнено. При больших отклонениях исправление производится в мастерской. Если же оно невозможно, то при работе с такой мензулой после каждого поворота планшета его надо устанавливать в горизонтальное положение.

П. нивелиров с цилиндрическими уровнями (НЗ, НВ-1, НТ). Ось круглого уровня должна быть параллельна оси вращения нивелира. Устанавливают круглый уровень между двух подъемных винтов и их вращением приводят пузырек на среднюю линию, а затем третьим винтом — в нуль-пункт. Поворачивают трубу нивелира на 180° . Если пузырек уходит из нуля-пункта более чем на $1/4$ деления, то сначала двумя, а затем третьим исправительным винтом уровня перемещают пузырек к центру на половину дуги отклонения; после этого подъемными винтами приводят его в нуль-пункт.

Проверку повторяют многократно, пока пузырек не будет уходить из нуля-пункта не более чем на 0,1—0,2 деления.

Средняя горизонтальная нить сетки должна быть перпендикулярна к оси вращения нивелира. Устанавливают рейку в 20—50 м от нивелира и берут отсчеты по правому и левому краям средней нити. Если разность отсчетов не превышает 1 мм, условие выполнено. При наличии перекаса поворачивают сетку нитей до нужного положения.

Визирная ось должна быть параллельна оси цилиндрического уровня (главное условие). Проверку выполняют двойным нивелированием вперед. На местности забивают колья на расстоянии 50—70 м (рис. 100), устанавливают нивелир так, чтобы окуляр находил-

ся над точкой A , приводят ось в отвесное положение, измеряют высоту инструмента i_A над точкой A и берут отсчет b по рейке в точке B . Меняют местами нивелир и рейку. Определяют высоту инструмента i_B и берут отсчет a .

Из-за негоризонтальности визирной оси возникает ошибка x в отсчетах по рейкам:

$$x = (a + b)/2 - (i_A + i_B)/2.$$

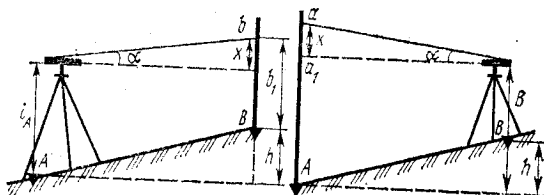


Рис. 100. Схема двойного нивелирования

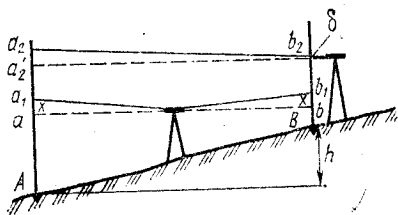


Рис. 101. Схема проверки нивелира с компенсатором

Если величина $x > 4$ мм, то положение уровня в нивелире исправляют. Для этого на станции B элевационным винтом устанавливают среднюю нить сетки на отсчет, соответствующий горизонтальному положению визирной оси $a_1 = a - x$, а затем исправительными винтами цилиндрического уровня приводят пузырек уровня в нуль-пункт.

П. нивелиров с самоустанавливающейся линией визирования (НС-4, НСМ-2А, Ni007, Ni025, NiB3).

Ось круглого уровня должна быть параллельна оси вращения нивелира.

Средняя горизонтальная нить сетки должна быть перпендикулярна к оси вращения нивелира.

Эти две проверки выполняются так же, как и у нивелиров НЗ, НВ-1, НТ.

Линия визирования должна быть горизонтальна при наклонах инструмента в заданных пределах.

Линия визирования у нивелиров с самоустанавливающимися трубами ломаная, а это затрудняет измерение высоты инструмента. Поэтому следует применять способы, исключаящие измерение высоты инструмента.

На колья (рис. 101), закрепляющие линию длиной 50—80 м, устанавливают рейки, а в середине — нивелир. Приведя ось нивелира в отвесное положение, отсчитывают по рейкам. Отсчеты a_1 и b_1 будут отличаться от правильных a и b на величину x . Превышение $h = a_1 - b_1 = (a + x) - (b + x) = a - b$ будет правильным.

Переносят нивелир за точку B и устанавливают на наименьшем расстоянии визирования. Снова отсчитывают по рейкам и, пренебрегая из-за малости расстояния ошибкой отсчета по рейке в точке B , вычисляют $h' = a_2 - b_2$. Если превышение h' отличается от результата, определенного нивелированием из середины более чем на 4 мм, то необходимо исправить положение линий визирования. Для этого вычисляют отсчет $a'_2 = h + b_2$. Сетку нитей перемещают исправительными винтами так, чтобы отсчет соответствовал вычисленному значению a'_2 .

II. светодальномеров — совокупность действий, позволяющих определить состояние и возможности прибора, предназначенного для измерения расстояний. Основными поверками светодальномера являются:

Контроль частоты кварцевого генератора. Поверку выполняют в лабораторных условиях, путем сравнения с эталонной частотой.

Контроль масштабной частоты. Номинальное значение частоты устанавливают, как правило, при аттестации дальномера, а в дальнейшем периодически контролируют это значение. Если «уход» частоты в период эксплуатации прибора превышает допустимый предел, то производят подстройку частоты. Периодичность контроля установлена инструкцией, но не реже двух раз в год: перед началом и после окончания работ с прибором.

Определение постоянной поправки. Поверку выполняют на эталонных расстояниях. Так как величина поправки не зависит от длины измеряемой линии, то целесообразно определять ее на короткой линии. В этом случае длина линии известна с малой абсолютной погрешностью, а влияние частотной погрешности и погрешности в определении скорости света пренебрегаемо малы. Постоянную поправку светодальномера вычисляют после многократных измерений эталонного расстояния как разность между средним измеренным и эталонным значениями расстояния.

Для каждого конкретного типа светодальномера в соответствии с техническими инструкциями по эксплуатации приборов могут предусматриваться и дополнительные поверки.

III. тахеометров номограммных. Тахеометры номограммные по конструкции аналогичны теодолитам и отличаются от них наличием редуцирующих устройств. Поверки тахеометров номограммных аналогичны поверкам теодолитов. Кроме этих поверок выполняются поверки редуцирующего устройства — номограммы: исследуют правильность установки номограммы и определяют фактическое значение коэффициентов кривых. Правильность установки номограммы обеспечивается заводом-изготовителем. Прибор исправляют обычно в мастерских. Например, в тахеометре Dahlta 020 при зенитном расстоянии, равном 100° (90°) (при горизонтальном положении визирной оси зрительной трубы), точка пересечения обеих кривых превышений ($+10$ и -10) должна лежать на вертикальной нити сетки. Если это условие не выполняется, то необходимо снять крышку на левой подставке трубы и при приведенном на середину пузырьке уровня вертикального круга и при

отсчете, равном 100° (90°), установить номограммный круг в требуемое положение при помощи исправительных винтов.

Для исследования кривых номограммы проводят контрольные измерения на точки, положение которых предварительно определяют другими более точными методами. Контрольные точки выбирают таким образом, чтобы охватить весь диапазон кривых. По контрольным измерениям вычисляют фактические значения коэффициентов кривых, и если они существенно отличаются от номинальных, при работе используют эти фактические значения.

II. теодолитов. Ниже описаны поверки теодолита ТЗ0.

Ось цилиндрического уровня на алидаде горизонтального круга должна быть перпендикулярна оси вращения инструмента. Устанавливают уровень параллельно двум подъемным винтам и, вращая их в противоположных направлениях, приводят пузырек уровня на середину в нуль-пункт. Затем поворачивают алидаду горизонтального круга на 180° . Если пузырек уровня отклонился от нуль-пункта более чем на 0,5 деления уровня, то исправительным винтом уровня перемещают пузырек в сторону нуль-пункта на половину отклонения, а вторую половину отклонения устраняют вращением подъемных винтов. Поверку следует вновь повторять.

Горизонтальная нить сетки должна быть перпендикулярна оси вращения теодолита. Теодолит закрепляют на штативе и приводят его вертикальную ось в отвесное положение. Затем наводят зрительную трубу на какую-либо хорошо видимую точку и подводят горизонтальную нить сетки к изображению точки. Вращением наводящего винта поворачивают теодолит по азимуту, наблюдая при этом за положением изображения точки относительно горизонтальной нити сетки. Допускается смещение точки на ширину нити. Юстировка производится поворотом сетки нитей, после чего поверку повторяют.

Визирная ось зрительной трубы должна быть перпендикулярна оси вращения трубы. Несоблюдение этого условия вызывает коллимационную погрешность c , определение которой у теодолитов с односторонней системой отсчетов по лимбу требует измерений в два приема, при наведении зрительной трубы на удаленную точку при двух положениях круга. В этом случае кроме двух обычных отсчетов $КЛ_1$ и $КЛ_2$ необходимо взять два отсчета $КП_2$ и $КЛ_2$, предварительно повернув лимб теодолита на 180° . Двойную коллимационную ошибку определяют по формуле $2c = \{[(КП_1 - КЛ_1) \pm 180^{\circ}] + [(КП_2 - КЛ_2) \pm 180^{\circ}]\} / 2$. В этом случае влияние эксцентриситета алидады отсутствует. Допустимое значение двойной коллимационной ошибки не должно превышать $1'$. Для исправления коллимационной ошибки необходимо снять колпачок, закрывающий доступ к юстировочным винтам сетки нитей, установить по горизонтальному кругу отсчет, равный $КЛ_2 - c$, затем юстировочными винтами переместить сетку в горизонтальном направлении до совмещения перекрестия с изображением наблюдаемого предмета. Поверку необходимо повторить.

Ось вращения зрительной трубы должна быть перпендикулярна оси вращения теодолита. Теодолит устанавливают в 20—30 м от стены здания, наводят зрительную трубу на точку, расположенную на стене под углом 30—40° к горизонту, и закрепляют алидаду. Наклоняя трубу вниз, отмечают на стене проекцию данной точки. Такие же действия выполняют при другом положении вертикального круга. Если изображение обеих проекций точки не выходит за пределы биссектора сетки нитей, то условие выполнено. Неперпендикулярность осей вращения у теодолита Т30 устраняют вращением эксцентриковой втулки лагера горизонтальной оси с помощью юстировочных винтов, у остальных теодолитов — только в специальных мастерских или на заводах.

Ось цилиндрического уровня при трубе должна быть параллельна визирной оси зрительной трубы. Поверку выполняют аналогично поверке нивелиров с уровнями. Для юстировки вычисляют отсчет по рейке, соответствующей горизонтальному положению визирной оси, наводящим винтом трубы устанавливают среднюю нить на вычисленный отсчет. Исправительными винтами уровня приводят его в нуль-пункт.

П. эккера. Угол, построенный эккером, должен быть равен 90°. Для проведения поверки (рис. 102) в точке C линии AB строят прямой угол, визируя на точку A , и отмечают точку E_1 . Затем, визируя на точку B , отмечают точку E_2 . Если точки E_1 и E_2 совпадают, то угол β прямой. Погрешность построения перпендикуляра $\epsilon' = \Delta\rho'/d$ не должна превышать 5'. В призмном эккере условие гарантируется заводом (если $\epsilon > 5'$, то он бракуется). В зеркальном эккере юстировка достигается с помощью юстировочных винтов изменением взаимного положения зеркал.

П. эклиметра. Во время работы линия, проходящая через центр круга и нулевой штрих делений, должна занимать горизонтальное положение. Для поверки этого условия снимают показания эклиметра при измерении угла наклона одной и той же линии в прямом $a_{пр}$ и обратном a_0 направлениях. Погрешность вследствие невыполнения условия: $\delta = (a_{пр} + a_0)/2$, угол наклона $\nu = (a_{пр} - a_0)/2 = a_{пр} - \delta$ (показания a могут иметь знаки «+» или «-»). Юстировку выполняют перемещением грузика на круге.

ПОГРЕШНОСТИ (ОШИБКИ) ИЗМЕРЕНИЙ — отклонение результата измерений l от истинного значения X измеряемой величины: $\Delta = l - X$. Погрешности могут быть грубыми, систематическими и случайными.

П.и. грубые возникают в результате промахов при измерениях и вычислениях. Г.п. совершенно недопустимы и должны полностью

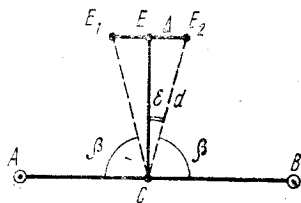


Рис. 102. Схема поверки эккера

исключаться из результатов измерений путем проведения повторных, дополнительных измерений.

П.и. систематические — возникают в процессе измерений в результате однообразного и непрерывного действия какой-либо определенной величины за счет инструментальных погрешностей мерных приборов, неполного учета влияния внешней среды, погрешностей метода измерений или математической обработки результатов и за счет личных качеств наблюдателя. П.и. систематические могут быть как одностороннего действия, так и переменного (периодические погрешности). Их стремятся по возможности учесть или исключить из результатов измерений при организации и проведении работ.

П.и. случайные — неизбежно сопутствуют всем измерениям. П.и.с. исключить нельзя, но можно ослабить их влияние на искомый результат за счет проведения дополнительных измерений.

Отклонения результатов l отдельных измерений от наиболее надежного значения измеряемой величины L , получаемой из математической обработки, называют *флюктуациями* v .

Для оценки точности одного измерения данного ряда равнооточных измерений используют формулу $m = \sqrt{[v^2]/(n-1)}$, где m — средняя квадратическая погрешность одного измерения; $[v^2]$ — сумма квадратов флюктуаций; n — число измерений.

Предельная случайная П.и. может достигать значения $3m$ (практически при числе измерений $n < 30$ полагают $\Delta_{\max} \approx 2m$).

Если П.и. зависит от размеров l измеряемых величин, для оценки точности следует применять относительную П.и., представляющую собой отношение абсолютной погрешности к измеренной величине, выраженную в виде аликвотной дроби: $m/l = 1/N$.

При выполнении двойных (парных) измерений однородных величин для оценки точности одного измерения используют формулу $m = \sqrt{[d^2]/(2n)}$, где d — разность двойных измерений.

При неравнооточных измерениях для оценки точности одного измерения вводится понятие о *средней квадратической погрешности единицы веса*, т. е. П.и., вес p которого равен единице: $\mu = \sqrt{[pv^2]/(n-1)}$. Погрешность M среднего арифметического из ряда равнооточных измерений

$$M = \frac{m}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{[v^2]}{n(n-1)}}.$$

Погрешность M наиболее надежного значения, полученного как общая арифметическая середина (см) из ряда неравнооточных измерений,

$$M = \frac{\mu}{[p]} = \sqrt{\frac{[pv^2]}{[p](n-1)}}.$$

ПОГРЕШНОСТЬ ВЕРОЯТНАЯ — погрешность r , вероятность появления которой в данном ряде наблюдений равна 0,50. Связь

между П.в. и средней квадратической погрешностью выражается формулой $r=0,6745m$, или приближенно $r=(2/3)m$. П.в. иногда называют *срединной*.

ПОГРЕШНОСТЬ ФУНКЦИИ РЯДА ИЗМЕРЕННЫХ ВЕЛИЧИН. Если искомая величина $A=f(x_1, x_2, \dots, x_n)$, где x_1, x_2, \dots, x_n — ряд независимых измеренных величин, то погрешность функции вычисляют по формуле

$$M_A^2 = \left(\frac{\partial f}{\partial x_1}\right)_0^2 m_1^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial x_2}\right)_0^2 m_2^2 + \dots + \left(\frac{\partial f}{\partial x_n}\right)_0^2 m_n^2,$$

где $(\partial f/\partial x_i)_0$ — численное значение частных производных данной функции при найденных значениях аргументов; m_i — средние квадратические П.и. величин x_i ; $i=1, 2, 3, \dots, n$.

ПОКАЗАТЕЛЬ ПРЕЛОМЛЕНИЯ ВОЗДУХА — отношение скорости света в вакууме к скорости света в воздухе. П.п.в. численно равен отношению синуса угла падения луча света, идущего из вакуума в данную среду, к синусу угла преломления. П.п.в. зависит от длины волны света и свойств окружающей среды. Средние значения П.п.в. для некоторых длин волн приведены ниже:

Показатель преломления			
воздуха	1,0002983	1,0002922	1,0002902
Длина волны, мкм	0,4	0,6	0,8

ПОЛЕ ЗРЕНИЯ ГЛАЗА — условно разделяют на три зоны: 1) наиболее четкого видения — центральную — с полем зрения около 2° ; 2) ясного видения, в пределах которой возможно опознавание предметов без различения мелких деталей, с полем зрения около 30° по горизонтали и около 22° по вертикали; 3) периферического зрения, в пределах которой предметы не опознаются, но эта зона важна для ориентации.

ПОЛЕВЫЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ — работы, выполняемые на местности. Сюда входят рекогносцировка, закладка центров и постройка знаков, линейные и угловые измерения, нивелирование, топографические съемки.

ПОЛИГОН ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ — 1) геодезическое построение, составляющие элементы которого (звенья, ходы) образуют многоугольник; 2) участок местности, отведенный для проведения специальных геодезических работ исследовательского, учебного или испытательного характера. На П.г. всегда создается специальная геодезическая сеть, используемая при проведении работ.

ПОЛИГОНОМЕТРИЯ — метод построения геодезической сети в форме многоугольников, в которых измеряют все стороны и углы. Ходы П. обычно прокладывают между пунктами высшего класса.

На рис. 103, а показан *разомкнутый* ход, а на рис. 103, б — *замкнутый*. Разомкнутый ход П., не имеющий привязки в конце хода, называют *висячим*. Несколько ходов П. в совокупности могут образовывать *сеть П.*

По точности государственную П. делят на четыре класса, сети сгущения П. — на два разряда. Углы в П. измеряют точными теодолитами, а длины сторон — мерными проволоками, радио- и светодальномерами. До недавнего времени применяли дальномерно-базисную П.*, в которой стороны определяли косвенным путем из решения параллактических треугольников. Ходы, в которых стороны измеряют стальными мерными лентами по земле, а углы —

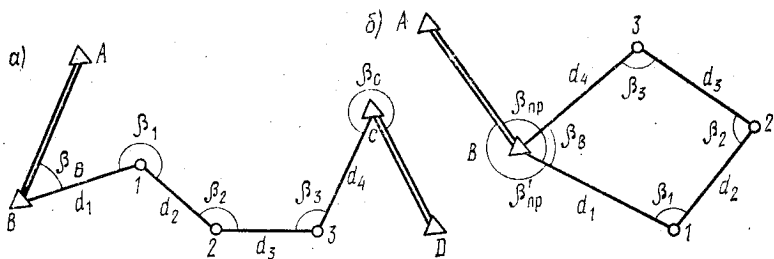


Рис. 103. Разомкнутый (а) и замкнутый (б) полигонометрические ходы

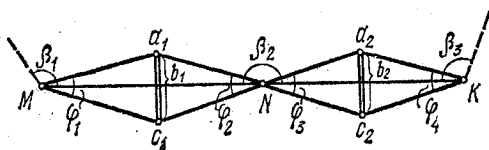


Рис. 104. Параллактические звенья хода

теодолитами с точностью 30" или 1', называют *теодолитными ходами*. Точность всяческого полигонометрического хода характеризуется средней квадратической погрешностью положения конечной точки хода и подсчитывается по формуле

$$M^2 = [m_s^2] + (m_\beta^2/\rho^2) [D_{i,n+1}^2]$$

Точность хода с примерно равными сторонами

$$M^2 = m_s^2 n + (m_\beta^2/\rho^2) L^2 (n + 1,5)/9,$$

где m_s , m_β — средние квадратические погрешности измерения сторон s и углов β ; n — число сторон хода; L — длина замыкающей хода; $D_{i,n+1}$ — расстояния от конечной точки хода до каждой точки поворота.

ПОЛИГОНОМЕТРИЧЕСКИЙ ХОД С ПАРАЛЛАКТИЧЕСКИМ СПОСОБОМ ИЗМЕРЕНИЯ РАССТОЯНИЙ — один из способов построения планового обоснования, при котором стороны полигонометрического хода определяют косвенно. Для определения длины стороны MN (рис. 104) в ее середине перпендикулярно и симметрично к линии измеряют линию a_1c_1 , называемую *базисом* b . В точках M и N измеряют параллактические углы φ_1 и φ_2 , величины которых обычно около 3—6°. Точность измерения базиса и параллактических углов должна быть достаточно высокой,

с тем чтобы искомое расстояние MN соответствовало по своей точности определяемому классу полигонометрии. Длина стороны $MN = L = b (\operatorname{ctg} \varphi_1/2 + \operatorname{ctg} \varphi_2/2) / 2$.

После измерения параллактических углов φ_1 и φ_2 измеряют горизонтальные углы поворота полигонометрического хода β_1, β_2 и т. д.

ПОЛЮСЫ ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ (северный и южный) — точки пересечения оси вращения Земли с земной поверхностью; являются точками пересечения меридианов.

ПОЛЮСЫ МАГНИТНЫЕ (геомагнитные) — точки пересечения магнитной оси Земли с ее поверхностью. Приблизительно допускается, что Земля представляет собой однородно намагниченную сферу, магнитная ось которой составляет $\sim 11,5^\circ$ с осью вращения Земли (см. магнитное поле Земли*).

ПОПЕРЕЧНЫЙ ПРОФИЛЬ ТРАССЫ — вертикальный разрез местности в перпендикулярном к оси трассы направлении. Такие направления в первую очередь выбирают на местности со сложным рельефом и вершинах углов поворотов трассы по направлению биссектрисы. П.п.т. необходим для определения объемов земляных работ, поэтому даже при относительно спокойном рельефе на трассе разбивают П.п.т. и нивелируют их. Обычно для составления П.п.т. горизонтальный и вертикальный масштабы берутся одинаковыми.

На местности П.п.т. назначают на таком расстоянии один от другого, чтобы местность между ними имела однообразный уклон. Если уклон больше 11° , то П.п.т. разбивают на всех пикетах и плюсовых точках (см. пикет*). В зависимости от характера склона и типа трассы П.п.т. разбивают в обе стороны от оси трассы на 15—30 м и более.

ПОПРАВКА — некоторая малая величина, которую следует прибавить к измеренному значению, чтобы получить наиболее надежный для заданных условий результат.

П. за провес механического мерного прибора. Если при измерении длин линий по Земле мерная лента или рулетка провисают, то получается заведомо больший результат измерения по сравнению с действительным. Приблизительно П. за провес механического мерного прибора линии l можно вычислить по формуле $\Delta l = 2,7h^2/l$, где h — длина стрелы провеса. При известном натяжении прибора P (кГ) и массе ленты m (кГ) $\Delta l = m^2l / (24P^2)$.

Поправка Δl всегда должна вычитаться из результата измерений.

ПОСТОЯННАЯ ДАЛЬНОМЕРА — величина, сохраняющая свое значение и знак при работе дальномером. П.д. определяют по результатам многократных измерений эталонного расстояния и вычисляют по формуле $\delta_k = D_{\text{эт}} - D_{\text{пр}}$, где $D_{\text{эт}}$ — длина эталонного

расстояния; $D_{пр}$ — длина, полученная при измерении эталонного расстояния дальномером.

Для некоторых типов дальномеров δ_k находят по геометрической схеме (параметрам) приборов, например для нитяного дальмера.

ПОСТОЯННОЕ СЪЕМОЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ — один из способов закрепления точек геодезического съемочного обоснования, когда геодезические пункты сохраняют свое положение в течение длительного времени. К пунктам П.с.о. можно отнести углы капитальных зданий и сооружений, центры люков смотровых колодцев и т. д. Пункты П.с.о. можно многократно использовать, например, при выполнении топографических съемок, разбивочных работах, поэтому целесообразно определять их координаты и заносить в специальный каталог.

Координаты пунктов П.с.о. определяют полярным способом с вершин теодолитных ходов, прокладываемых для съемочного обоснования.

В застроенной части города обязательному координированию подлежат углы капитальных зданий, расположенных на пересечении улиц, проездов, переулков и т. д. В районах со свободной планировкой определяют координаты углов зданий не реже чем через 300 м. Для этого выбирают точку угла здания на высоте 1—1,5 м от поверхности Земли, но обязательно выше цоколя здания. Измерение горизонтального угла на пункт П.с.о. производят полным приемом при двух положениях трубы, расхождение между полуприемами не должно превышать величины $\Delta\beta = 30'/L$, где L — расстояние в метрах до определяемого пункта П.с.о. от точки теодолитного хода (измеряется дважды с точностью до 1 см).

Предельные относительные невязки в теодолитных ходах, проложенных между пунктами П.с.о. или между этими пунктами и пунктами опорных геодезических сетей, не должны превышать 1 : 2000.

ПОСТРОЕНИЕ ПРОЕКТНОГО УГЛА НА МЕСТНОСТИ — одна из инженерно-геодезических задач, решаемых при перенесении в натуру проекта сооружения.

В а р и а н т 1. Построить угол заданной величины с технической точностью.

Устанавливают теодолит в рабочее положение в вершине угла — точке O (рис. 105), совмещают нуль лимба и алидады горизонтального круга и при закрепленной алидаде визируют на точку A . После закрепления лимба алидаду устанавливают на отсчет, соответствующий заданному углу. По направлению визирной оси на заданном расстоянии выставляют шпильку или вешку, перемещая ее до совпадения с вертикальной нитью сетки. Переводят зрительную трубу через зенит и повторяют те же действия при другом положении вертикального круга. По направлению визирной оси устанавливают вторую шпильку. Среднее положение между двумя точками, полученными при разных установках верти-

кального круга, и будет искомой точкой. Для контроля построенный угол измеряют при двух положениях трубы.

Вариант 2. Построить проектный угол с повышенной точностью.

После построения угла заданной величины (см. вариант 1) измеряют его несколькими приемами (не менее трех). Измеряют расстояние от вершины угла до точки C_1 (рис. 105) и вычисляют разность измеренного $\beta_{изм}$ и проектного $\beta_{пр}$ углов.

Находят величину отрезка C_1C , на который надо переместить точку C_1 в ее проектное положение $C_1C = C_1O \Delta\beta''/\rho''$, где $\rho'' = 206\,265''$; $\Delta\beta''$ — разность между измеренным и проектным углами.

Перемещая точку C_1 перпендикулярно линии OC_1 на величину отрезка C_1C , получают на местности заданный проектный угол $\beta_{пр}$.

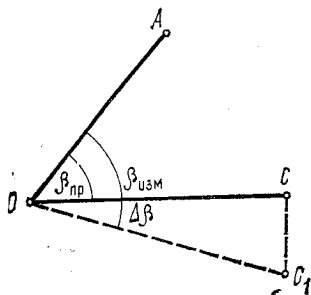


Рис. 105. Схема построения проектного угла

ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ НА ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТАХ — нормативный документ, предусматривающий систему организационных и технических мероприятий и средств, направленных на предотвращение несчастных случаев на производстве.

Организационные мероприятия по Т.б. — инструктаж и обучение работающих безопасным и безвредным методам и приемам работы; разработка регламентного труда и отдыха.

Технические мероприятия по Т.б. основываются на определенных нормах и правилах. Например, регламентируются нормы площади помещения на одного работающего, расстояние между оборудованием и т. д. Для инженерно-геодезических работ запрещено: работать летом на открытых местах без головного убора; ложиться на землю и пить сырую воду из открытых водоемов. При работе на шоссейных и железных дорогах принимаются дополнительные меры предосторожности и т. д.

Соблюдение П.т.б. — обязательное условие для всех видов инженерно-геодезических работ.

ПРЕДЕЛЬНЫЙ УКЛОН — термин, обозначающий предельно допустимый уклон трассы (максимальный или минимальный). В зависимости от назначения трассы величина П.у. может меняться. Понятие П.у. часто встречается при проектировании и строительстве трасс в горных районах, где положение трассы определяется главным образом высотными препятствиями, т. е. рельефом. Так как уклоны горной местности значительно превосходят допустимые уклоны трассы, то проектирование ведут так называемым напряженным ходом, когда каждая линия задается предельным уклоном. Чтобы его выдержать, приходится искусственно удлинять

трассу. Минимально допустимые уклоны встречаются при проектировании трасс самотечных трубопроводов.

ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ РАССТОЯНИЙ — используют в инженерно-геодезических работах:

Свето- и радиодальномеры — при измерении сторон государственных геодезических сетей или при создании обоснования для строительства крупных промышленных объектов. По этим приборам определяют расстояние по времени, затраченному электромагнитными волнами на распространение вдоль линий от приемопередатчика до отражателя и обратно при известной скорости распространения электромагнитных волн.

Подвесные мерные приборы — инварные и стальные проволоки и ленты; применяют при высокоточных и точных измерениях, если отсутствуют радио- и светодальномеры соответствующей точности. Расстояния измеряют по штативам, на которых устанавливают специальные целики для обозначения концов отрезков. Через блочные станки подвесные мерные приборы натягивают с помощью груза в 10 кг.

Длиномер типа АД-1 — для измерения расстояний на незастроенной территории.

Оптический дальномер типа Редта-002 — при сгущении сетей местного значения или создания съемочного обоснования.

Мерные ленты или рулетки — для измерения сторон съемочного обоснования.

Нитяные дальномеры — при производстве топографической съемки.

ПРИВЕДЕНИЕ ИЗМЕРЕННЫХ РАССТОЯНИЙ К ЦЕНТРАМ ЗНАКОВ. В линейных измерениях иногда не представляется возможным измерить расстояние непосредственно между центрами пунктов. Тогда прибегают к методу линейной или комбинированной редукции. Пример линейной редукции показан на рис. 106, а.

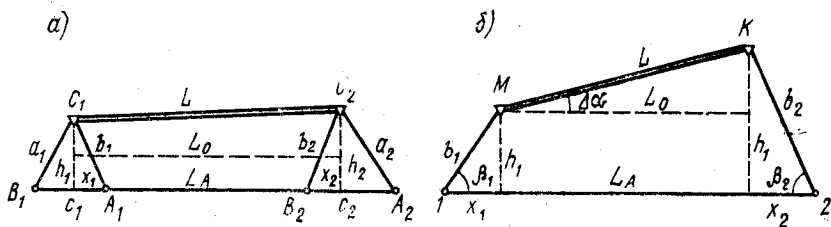


Рис. 106. Линейная (а) и комбинированная (б) редукции расстояний

Здесь точки C_1 и C_2 — центры геодезических пунктов, между которыми необходимо определить расстояние; A_1A_2 — вспомогательная линия, измеряемая мерным прибором на местности; точки B_1 и B_2 располагают строго по створу вспомогательной линии. Кроме

вспомогательной линии на местности измеряют рулеткой отрезки a_1, b_1, c_1 и a_2, b_2, c_2 .

Элементы линейной редукции вычисляют по формулам

$$x = [(b_1^2 - a_1^2)/c_1 + c_1]/2; \quad h = \sqrt{b_1^2 - x^2}.$$

Искомое расстояние $L = L_0 + \Delta h^2/(2L_0)$, где $L_0 = L_A + x_1 + x_2$; $\Delta h = h_1 \pm h_2$.

Комбинированную редукцию применяют, если отсутствует прямая видимость между постоянными геодезическими пунктами M и K (рис. 106, б). На местности выбирают вспомогательную линию 1—2, удобную для измерения. Помимо линии 1—2 измеряют в точках 1 и 2 угловые β_1, β_2 и линейные b_1 и b_2 элементы редукции с точностью соответствующего класса измерений.

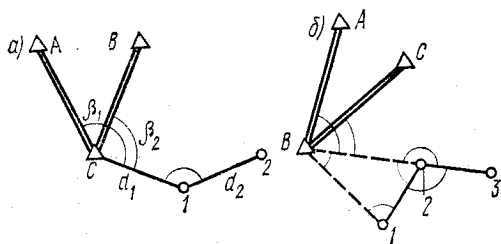


Рис. 107. Схемы прямой (а) и косвенной (б) привязок полигонометрического хода

Вычисления выполняют по следующим формулам:

$$h_1 = b_1 \sin \beta_1; \quad x_1 = b_1 \cos \beta_1; \quad h_2 = b_2 \sin \beta_2; \quad x_2 = b_2 \cos \beta_2.$$

$$L_0 = L_A - x_1 - x_2; \quad \operatorname{tg} \Delta \alpha = (h_2 - h_1)/L_0; \quad L = L_0 \sec \Delta \alpha.$$

ПРИВЯЗКА ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ СЕТИ К ИСХОДНЫМ ПУНКТАМ ВЫСШЕГО КЛАССА — необходима при создании сетей сгущения и рабочего обоснования съемки новых геодезических построений. Это делается для того, чтобы новая сеть вычислялась в принятой системе координат и для контроля выполняемых измерений. Например, нивелирные ходы должны начинаться и оканчиваться на пунктах высшего класса, отметки которых известны. Для привязки полигонометрических ходов на исходных пунктах измеряют примычные углы и расстояния до начальной точки прокладываемого хода; сети триангуляции также строят, опираясь на исходные пункты более высокого класса. Примерные схемы привязки полигонометрических (теодолитных) ходов 1—2—3 показаны на рис. 107, а, б.

Схемы привязок могут быть разнообразны в зависимости от местных условий, но они всегда должны обеспечивать надежную передачу дирекционного угла и координат (высот) на стороны и пункты новой сети.

ПРИЕМОПЕРЕДАТЧИК СВЕТОДАЛЬНОМЕРА — одна из основных частей светодальномера, предназначенная для направленной передачи световых излучений и приема отраженных сигналов. Приемопередатчик состоит из передающего и принимающего уст-

ройств. В передающее устройство входят: источник света (лампа накаливания, газоразрядные источники, лазеры или светодиоды); модулятор; генератор масштабной частоты; передающая оптическая система. В принимающее устройство входят: приемная оптическая система, демодулятор или фазовый детектор и индикаторное устройство.

ПРИНЦИП НАИМЕНЬШИХ КВАДРАТОВ — утверждает, что наиболее надежное значение \bar{X} искомой величины (или ряда искомых величин), получаемой по результатам измерений l_i , будет то, при котором сумма квадратов поправок $v_i = l_i - \bar{X}$ к результатам отдельных измерений минимальна. Задача по отысканию наиболее надежного значения \bar{X} по П.н.к. сводится к отысканию минимума для равноточных измерений $[v^2] = \min$; для неравноточных измерений $[pv^2] = \min$, где p_i — веса измерений.

ПРОДОЛЬНЫЙ ПРОФИЛЬ ТРАССЫ — проекция следа сечения местности вертикальной плоскостью по оси сооружения. П.п.т. (рис. 108) составляют, как правило, на миллиметровой бумаге. Полученные в результате нивелирования фактические отметки точек поверхности земли округляют до сантиметров. Горизонтальный масштаб профиля выбирают в зависимости от назначения проектируемого сооружения и рельефа местности, чаще всего принимают масштабы 1:2000 и 1:5000. Вертикальный масштаб для большей наглядности укрупняют, обычно в 10 раз. Профиль начинают строить с нанесения линии «условного» горизонта. Ниже этой линии строят сетку профиля для записи проектных и расчетных данных. Отметку линии «условного» горизонта нужно выбрать с таким расчетом, чтобы самая низкая точка местности расположилась на профиле выше линии «условного» горизонта примерно на 4 см. После этого в графу горизонтальных расстояний заносят все пикеты, плюсовые точки и расстояния между ними. От линии «условного» горизонта по вертикали откладывают в принятом масштабе отметки точек и соединяют их прямыми линиями, получая линию профиля местности. Под сеткой профиля строят «план прямых и кривых», на котором показывают длины и направления прямых отрезков трассы и элементы кривых. В графах «уклоны» и «проектные отметки» показывают проектные значения уклонов и соответствующие им проектные отметки точек. Возле линии профиля подписываются рабочие отметки. Все фактические данные обозначают черным цветом, а проектные — красным.

ПРОЕКТ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТ (проект производства геодезических работ — ППГР) — разрабатывают одновременно с генеральным планом возводимого комплекса сооружений. Первый раздел проекта содержит общие принципы организации геодезических работ, сметно-финансовые расчеты и календарный план производства работ с указанием видов геодезических измерений. Второй раздел содержит схему построения геодезических сетей для разбивки сооружений, способы закрепления пунк-

тов; дает обоснование выбранных методов измерений и математической обработки геодезических сетей. Третий раздел содержит указания по геодезическому обслуживанию работ нулевого цикла — способы разбивки главных осей и элементов подземной части сооружения, контроля монтажа строительных конструкций и мето-

Профиль трассы автодороги

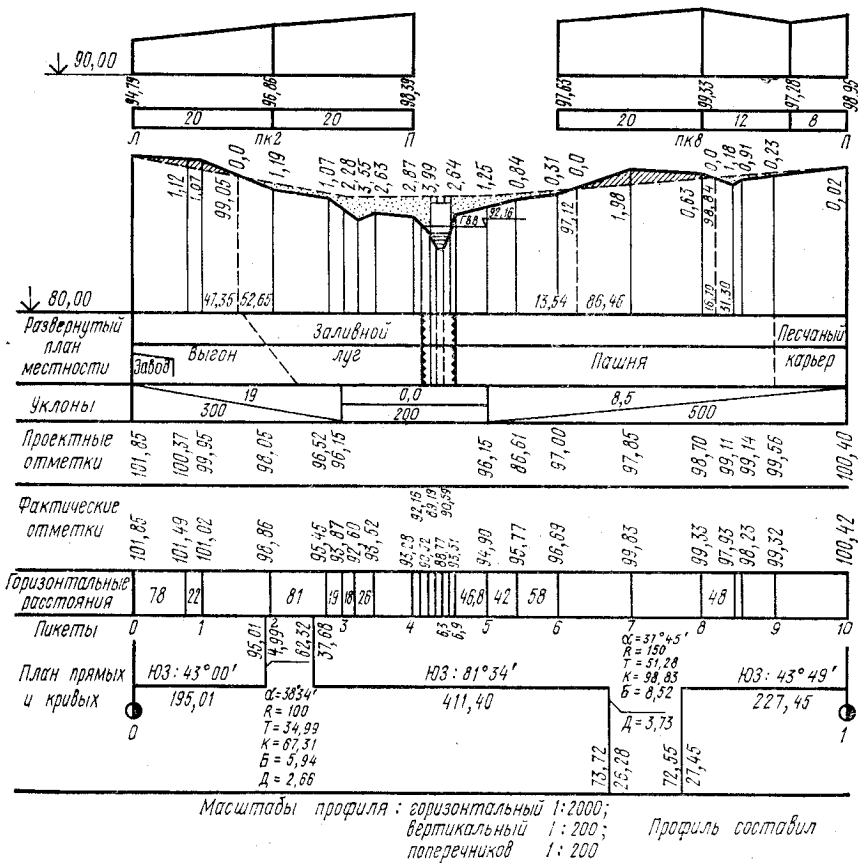


Рис. 108. Продольный и поперечный профили трассы

ды исполнительной съемки. Последний раздел, четвертый, ППГР освещает вопросы, связанные с геодезическим обслуживанием строительства надземной части сооружений, — методы создания геодезической основы на основном и монтажном горизонтах, способы передачи осей и отметок на монтажные горизонты, методы детальных разбивочных работ и контроля возведения отдельных элементов сооружения; содержит указания по составлению исполнительных чертежей.

При необходимости наблюдений за деформациями сооружений в процессе строительства и после его завершения в ППГР даются указания и расчеты по выполнению таких наблюдений и размещению осадочных марок и реперов.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕЛЬЕФА ПО ОТМЕТКАМ ВЕРШИН КВАДРАТОВ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ПЛОЩАДКИ — геодезические работы, имеющие целью преобразование естественных или искусственных форм рельефа и создания условий, необходимых для эксплуатации сооружений.

Проектированию рельефа предшествуют полевые геодезические работы — нивелирование поверхности по квадратам. Уклон местности по сторонам квадрата желательно иметь постоянным; длину стороны берут равной 2 см в масштабе топографического плана.

Чаще всего проектирование горизонтальной площадки отдельного участка производится под условием «частного» баланса земляных работ. Проектная отметка такой площадки вычисляется по формуле

$$H_{\text{пр}} = (\sum H_1 + 2 \sum H_2 + 3 \sum H_3 + 4 \sum H_4) / (4n),$$

где $\sum H_1$ — сумма отметок вершин, относящихся к одному квадрату; $\sum H_2$, $\sum H_3$ и $\sum H_4$ — соответственно суммы отметок вершин квадратов, общих для двух, трех и четырех квадратов; n — общее число квадратов.

Рабочая отметка для каждой вершины $\Delta h = H - H_{\text{пр}}$, где H — фактическая отметка поверхности Земли.

По значениям Δh вершин квадратов, в которых рабочие отметки вершин имеют знак плюс и минус, определяют положение линии нулевых работ. Для этого предварительно вычисляют расстояния от вершин квадратов до точки нулевых работ по формуле

$$l = a \left(|\Delta h_1| / (|\Delta h_1| + |\Delta h_2|) \right),$$

где a — длина стороны квадрата; $|\Delta h_1|$ и $|\Delta h_2|$ — абсолютные значения рабочих отметок вершин.

После нанесения линии нулевых работ на сетку квадратов (картограмму) вычисляют объемы земляных работ для каждой призмы, имеющей основание в виде треугольника или квадрата:

$$V = (\sum \Delta h) F / 3; \quad \underline{V} = a^2 \sum \Delta h / 4,$$

где F — площадь треугольника; a — сторона квадрата.

Общие объемы вычисляют отдельно для насыпи и выемки.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕЛЬЕФА ПО ОТМЕТКАМ ВЕРШИН КВАДРАТОВ НАКЛОННОЙ ПЛОЩАДКИ — вид инженерно-геодезического проектирования, имеющего целью преобразование рельефа в форму наклонной плоскости. Исходные параметры для проектирования: фактические отметки вершин квадратов; проектная отметка H_0 исходной точки A наклонной плоскости и проектные уклоны i_1 и i_2 по двум взаимно перпендикулярным направлениям x , y , считая от исходной точки A (рис. 109).

Проектирование начинают с расчета проектных отметок вершин всех квадратов:

$$H_{прj} = H_0 + d_1 i_1 + d_2 i_2,$$

где d_1 и d_2 — расстояния между исходной и определяемой точками по направлениям проектных уклонов i_1 и i_2 .

Вычисляют рабочие отметки для каждой вершины квадрата как разность фактической и проектной отметок. Находят положение линии нулевых работ и подсчитывают объемы земляных работ (см. проектирование горизонтальной площадки*).

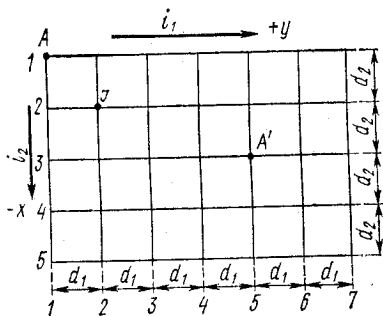


Рис. 109. Планировка наклонной площадки

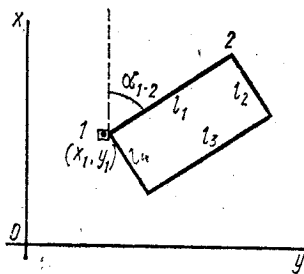


Рис. 110. К расчету координат углов сооружения

При проектировании наклонной площадки под условием «частного» баланса земляных работ предварительно находят ее центр тяжести. Для однородной системы материальных точек координаты центра тяжести

$$x_{ц} = \sum_1^n x_i/n; \quad y_{ц} = \sum_1^n y_i/n,$$

где x_i и y_i — координаты вершин квадратов.

Проектная отметка центра тяжести планируемого участка:

$$H_{пр.о} = H + (\sum h'_1 + 2 \sum h'_2 + 3 \sum h'_3 + 4 \sum h'_4)/(4n),$$

где H — наименьшая из фактических отметок вершин квадратов, округленная до дециметра; $\sum h'_1$, $\sum h'_2$, $\sum h'_3$, $\sum h'_4$ — суммы условных отметок вершин, вычисленных относительно отметки H и принадлежащих соответственно одному, двум, трем и четырем квадратам. По найденной отметке центра тяжести вычисляют проектную отметку ближайшей к нему вершины квадрата и принимают ее за исходную точку A' . Порядок остальных вычислений указан выше.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ СООРУЖЕНИЙ — выполняют аналитическим, графическим и графо-аналитическим методами.

Аналитический метод. Положение характерных точек сооружения вычисляют в принятой для составления генерального плана системе координат. Этот метод широко применяют при проектировании сооружений со строгим ориентированием контуров сооружения. При таких условиях в аналитическом способе одну из точек принимают за исходную. Координаты точки либо заданы, либо их определяют по топографическому плану крупного масштаба, чаще всего 1 : 500. Координаты остальных точек вычисляют по формулам прямой геодезической задачи.

Графический метод. Все численные проектные данные снимают непосредственно с планов крупного масштаба. От качества топографического материала и масштаба плана зависит точность графического проектирования, которая может быть выражена формулой $m = \delta M$, где m — погрешность определения положения точки на плане; δ — погрешность определения длины отрезка на плане; M — знаменатель численного масштаба. Эта формула не учитывает погрешности деформации плана.

Графо-аналитический или комбинированный метод. Наиболее часто его применяют для сооружений линейного типа, при этом фиксированные точки сооружения, такие, как мостовые переходы, места примыкания к исходным площадкам, задаются плановыми координатами и высотами. Проектное положение оси трассы может определяться либо графически, либо аналитически из расчетов с учетом технических требований (предельного уклона трассы, «частного» баланса земляных работ и т. д.).

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СООРУЖЕНИЙ С СОБЛЮДЕНИЕМ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ — один из способов проектирования инженерных сооружений, при котором геодезические расчеты и исходные данные обеспечивают выбор или задание геометрических форм сооружения, его расположение и ориентирование.

Пример проектирования сооружения с соблюдением заданных габаритов здания показан на рис. 110. Здание имеет прямоугольную форму со сторонами l_1 и l_2 , ориентирование выполняется по дирекционному углу одной из сторон здания 1—2.

Для решения задачи координаты точки 1 (x_1, y_1) определяют с топографического плана масштаба 1 : 500 и принимают в качестве исходных. Координаты остальных углов проектируемого здания можно вычислить по формулам прямой геодезической задачи, например, для точки 2 $x_2 = x_1 + l_1 \cos \alpha_{1-2}$; $y_2 = y_1 + l_1 \sin \alpha_{1-2}$.

При более сложных формах проектируемого сооружения для определения координат его характерных точек применяют формулы аналитической геометрии, например формулы определения координат точек пересечения прямой и кривой или двух кривых и т. д.

ПРОЕКТНАЯ ЛИНИЯ — линия, определяющая положение сооружений в плане и по высоте.

П.л. красная при горизонтальной планировке — термин, применяемый в градостроительстве для обозначения услов-

ных границ, отделяющих территорию площадей, улиц, проездов и магистралей от территории, отведенной под застройку. Установленный в градостроительстве порядок разрешает строительство зданий только по красной (проектной) линии или с отступлением от него в глубину квартала. Положение красной линии на плане задается координатами двух или более характерных точек.

П.л. красная при вертикальной планировке — линия, определяющая границу сооружения по высоте. Положение П.л. по высоте обычно задается в абсолютных, реже в условных, отметках. Высоту H любой точки П.л. можно вычислить по проектному уклону i и горизонтальному проложению d от точки, проектная отметка которой известна, до искомой точки.

Параметры П.л. определяются различными техническими и нормативными документами, учитывающими вопросы экономии строительства, эстетики и т. д.

ПРОЕКТНЫЙ УКЛОН — тангенс угла наклона проектной линии или плоскости. Чаще всего П.у. используют при разработке проектов вертикальной планировки участков местности, составлении профиля инженерного сооружения линейного типа или сетей подземных коммуникаций. П.у. служит для выполнения расчета проектных (красных) отметок. Величина П.у. не может превышать установленного техническими условиями предела.

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ СЕТЬ — сеть геодезических пунктов, положение которых определено в пространственной прямоугольной системе координат. В космической геодезии такие сети строят в масштабе всей Земли или в пределах отдельного государства. В инженерно-геодезических работах П.г.с. можно построить по результатам наземных наблюдений на небольшой строительной площадке (при возведении отдельного сооружения), когда площадь обслуживаемой территории и заданная точность определения координат пунктов позволяют пренебречь сфероидической формой Земли.

ПРЯМАЯ ВСТАВКА ТРАССЫ — часть трассы проектируемого сооружения, расположенная между концом одной и началом следующей кривой. Длину П.в.т. вычисляют из пикетажного значения указанных точек. Например, $НК = \text{пк}6 + 78,40$ — пикетажное значение точки НК второй кривой минус $КК = \text{пк}4 + 52,20$ — пикетажное значение точки КК первой кривой. Длина прямой вставки 226,20 м.

П.в.т. обычно имеет ориентирное направление — дирекционный угол или румб.

Общая длина проектируемой дороги подсчитывается как сумма длин прямых вставок и длины кривых.

ПУНКТ АСТРОНОМИЧЕСКИЙ — закрепленная точка на местности, в которой производились астрономические определения широты, долготы и азимута. П.а. служит контролем при построении геодезических сетей.

ПУНКТ ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ — закрепленная на местности точка геодезической сети.

ПЯТКА РЕЙКИ — основание рейки, предназначенное для установки ее на репер, башмак или костыль. П.р. для прочности имеет металлическую окантовку. Нулевой отсчет по черной стороне рейки совпадает с пяткой рейки. Нулевой отсчет по красной стороне смещается на величину порядка 48 см, что позволяет контролировать правильность измерения превышения на станции при нивелировании из середины.

РАДИАН — центральный угол, опирающийся на дугу окружности, длина которой равна ее радиусу: $\rho = 57,2958^\circ = 3437,75' = 206264,5''$.

При известной длине дуги S окружности радиуса R центральный угол α , выраженный в радианах, равен $\alpha_{\text{рад}} = S/R$. Для перевода углов из градусной меры в радианную используют соотношения: $\alpha_{\text{рад}} = \alpha^\circ/\rho^\circ = \alpha'/\rho' = \alpha''/\rho''$. В приближенных расчетах для малых углов α используют приближенные равенства: $\sin \alpha \approx \alpha_{\text{рад}}$; $\text{tg } \alpha \approx \alpha_{\text{рад}}$.

РАДИОДАЛЬНОМЕР — электромагнитный дальномер, использующий электромагнитные волны радиодиапазона. Р. измеряют расстояния по известной скорости v и измеренному времени τ прохождения радиоволн вдоль измеряемой линии после их отражения от конечной точки этой линии. Р., как правило, состоит из двух приемо-передающих радиостанций, каждая из которых может работать в режимах ведущей и ведомой станций. Приемо-передатчик в современных Р. можно устанавливать на телескопической мачте необходимой высоты, обеспечивающей взаимную видимость между двумя станциями. Управление такими Р. осуществляется с земли. Р. так же, как и светодальномеры, можно разделить на импульсные и фазовые. В геодезических Р. чаще всего используют фазовый метод, при котором измеренное расстояние $D = \varphi v / (4\pi f)$, где φ — разность фаз, зарегистрированная фазоизмерительным устройством; f — частота модуляции.

Для разрешения неоднозначности или определения целого числа периодов необходимо измерения проводить на нескольких известных частотах.

Современные Р. отличаются большим многообразием технических и конструктивных особенностей: характером выдачи показаний — либо в цифровой форме, либо отсчетами по электронно-лучевой трубке или фазовращателю; дальностью действия приборов — от минимального (30 м) и до максимального (150 км) измеряемого расстояния; точностью измерения — от одного до нескольких сантиметров; габаритам приборов и потребляемой мощностью.

РАДИУС ВЕРТИКАЛЬНОЙ КРУГОВОЙ КРИВОЙ — один из основных параметров, по которым рассчитывают и разбивают на местности вертикальную круговую кривую. Радиусы, как правило,

выбирают бóльшие, например для железных дорог порядка 5000—10 000 м.

РАДИУС ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ КРУГОВОЙ КРИВОЙ — один из основных параметров, по которым рассчитывают и разбивают на местности круговые кривые. Размеры радиуса определяются главным образом требованиями безопасности движения транспорта на данном участке трассы при заданных скоростях движения. В связи с этим на железнодорожных и автомобильных дорогах минимальные радиусы кривых строго регламентируются.

РАДИУС ЗЕМЛИ СРЕДНИЙ — средний радиус геоида (радиус равновеликого шара) равен 6371 км.

Величину Р.З.с. в точке с геодезической широтой B можно принять равным среднему радиусу R кривизны поверхности эллипсоида в этой точке:

B	0°	15°	30°	45°	60°	75°
R , км	6356,9	6359,7	6367,5	6378,2	6388,9	6396,8

РАДИУС КРИВИЗНЫ СВЕТОВОЙ ТРАЕКТОРИИ — радиус, который при прохождении пучка света через слои атмосферы разной плотности преломляется. Его траектория обращена вогнуто-стью к поверхности Земли. Среднее значение радиуса $R_1 = kR$, где $k \approx 0,16$ — коэффициент земной рефракции*, зависящий от состояния атмосферы на пути светового пучка; R — средний радиус Земли.

РАДИУС ПЕРЕХОДНОЙ КРИВОЙ — один из основных элементов переходной кривой. Р.п.к. непрерывно изменяется. В начальной точке переходной кривой он равен бесконечности ($\rho = \infty$), а в конечной точке радиусы переходной ρ и круговой R кривых становятся равными ($\rho = R$).

Если Р.п.к. небольшой длины, то для ее разбивки целесообразно применять кубическую параболу, радиус которой вычисляют по формуле $\rho = c/x$, где c — постоянный параметр (см. переходная кривая*); x — абсциссы точек.

РАЗБИВКА КРУГОВЫХ КРИВЫХ — в главных точках и детальная. Детальную Р.к.к. выполняют после Р.к.к. в главных точках*.

Р.к.к. детальная — вид геодезических построений для определения на местности положения промежуточных (дополнительных) точек, располагающихся по кривой. Р.к.к. детальную применяют при строительстве дорог, каналов и других сооружений. Как правило, ее проводят при $R > 500$ м через 20 м, при $R = 100 \div 500$ м через 10 м, при $R < 100$ м через 5 м. В геодезической практике используют различные способы детальной разбивки: прямоугольных координат, продолженных хорд и углов.

Способ прямоугольных координат. За начало координат здесь принимают точки НК или КК. Разбивку выполняют с этих двух

точек к середине кривой (рис. 111, а). За ось абсцисс x принимают линии тангенсов, за ось ординат y — перпендикуляры, опущенные из промежуточных точек a_1, a_2, a_3, \dots на линии тангенсов. Положение промежуточных точек определяют по прямоугольным координатам, вычисленным по формулам:

$$x_1 = R \sin \varphi; \quad x_2 = R \sin^2 2\varphi; \quad x_3 = R \sin^3 3\varphi;$$

$$y_1 = 2R \sin^2(\varphi/2); \quad y_2 = 2R \sin^2 \varphi; \quad y_3 = 2R \sin^2(3\varphi/2) \text{ и т. д.,}$$

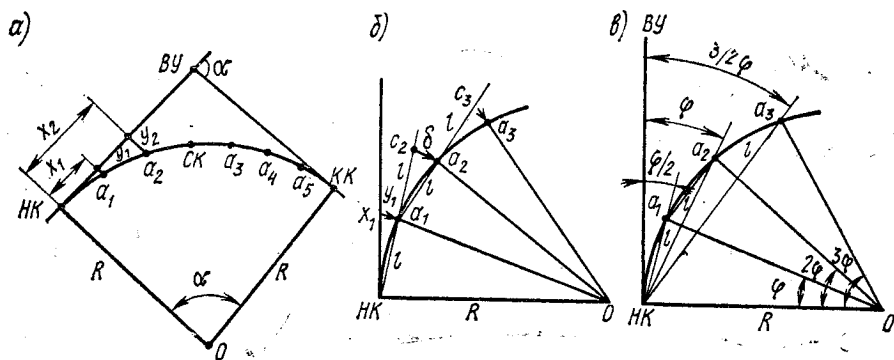


Рис. 111. Детальная разбивка кривой способами:
а — прямоугольных координат; б — продолженных хорд; в — углов

где $\varphi = \Delta k r / R$ — центральный угол, определяемый по заданому интервалу кривой Δk .

Значения прямоугольных координат можно взять в таблицах¹.

Для определения местоположения промежуточных точек в натуре от точек НК или КК лентой или рулеткой откладывают по линии тангенсов абсциссы точек x_1, x_2, x_3, \dots и т. д. В полученных местах восстанавливают перпендикуляры к линии тангенсов и лентой откладывают ординаты тех же точек y_1, y_2, y_3, \dots и т. д. Полученные на местности точки закрепляют колышками.

Способ продолженных хорд. Основные параметры — длина хорды l и величина смещения δ конца продолженной хорды, которую можно вычислить по формуле $\delta = l^2 / R$ или определить по указанным выше таблицам.

Кривые разбивают по хордам длиной 5, 10 или 20 м.

Положение первой точки кривой a_1 (рис. 111, б) определяют также способом прямоугольных координат. Полученную точку a_1 закрепляют колышком. Для определения положения точки a_2 на продолжении хорды НК — a_1 от точки a_1 лентой откладывают отрезок, равный длине хорды l . Конечную точку этого отрезка c_2 смещают на величину δ и получают вторую точку a_2 так, чтобы расстояние $a_1 a_2 = l$, и т. д.

Способ продолженных хорд применяется в закрытой местности с ограниченной видимостью.

¹ В. Н. Ганьшина, Л. С. Хренов. Таблицы для разбивки круговых и переходных кривых. М., Недра, 1973.

Способ углов или полярных координат. Промежуточные точки a_1, a_2, a_3, \dots получают путем построения в точках НК или КК углов φ и откладывания отрезков, равных длине соответствующей хорды l (рис. 111, в). Величину угла φ вычисляют по формуле $\sin(\varphi/2) = l/(2R)$, где R — радиус кривой.

Порядок работы при данном способе разбивки следующий. В точке НК устанавливают теодолит, ориентируют его по точке ВУ, закрепляют лимб. Открыв алидаду, поворачивают ее на угол $\varphi/2$. Конец мерной ленты совмещают с точкой НК, направляют ленту вдоль визирного луча и откладывают отрезок, равный длине хорды l . Полученную точку a_1 закрепляют колышком. Далее зрительную трубу устанавливают на отсчет, равный углу φ , совмещают начало мерной ленты с точкой a_1 и отрезком ленты, равным длине хорды l , проводят прямую до пересечения с линией визирования. Полученную точку a_2 закрепляют колышком. Аналогично получают остальные точки.

РАЗБИВОЧНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ — устройства, позволяющие повысить точность или улучшить условия работы в период разбивочных работ на строительстве или установки специального оборудования. Например, установка анкерных устройств (болтов), служащих для закрепления металлоконструкций и оборудования, требует высокой точности разбивки как в плане, так и по высоте.

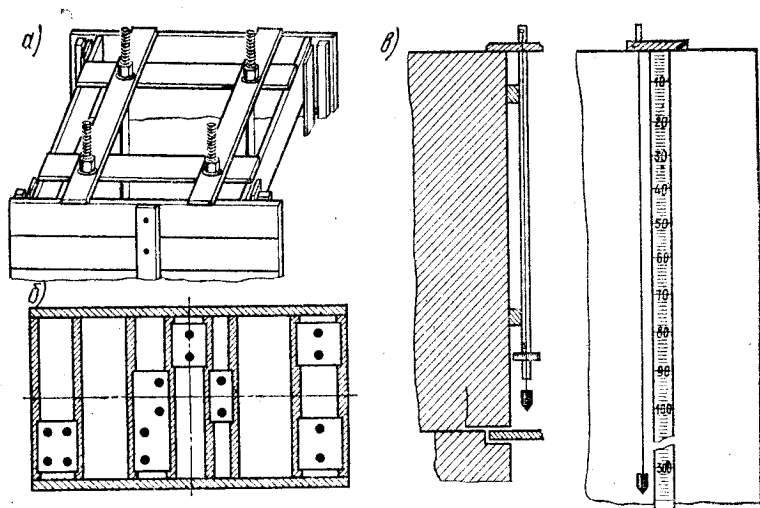


Рис. 112. Монтажные кондукторы:
а — общий вид; б — план; в — отвес-линейка

Монтажный кондуктор — шаблон, изготавливают для облегчения работы на каждую типовую группу анкерных болтов. Это — рамное приспособление (рис. 112, а, б), на котором в стро-

гом соответствии с проектом нанесены оси и просверлены отверстия в местах крепления болтов. Применение кондукторов в значительной мере ускоряет и повышает точность установки анкерных устройств.

Отвес-линейка (рис. 112, в) — прибор, состоящий из отвеса со шкалой и нивелирной рейки, который применяют при монтаже станových панелей для установки их в отвесное положение.

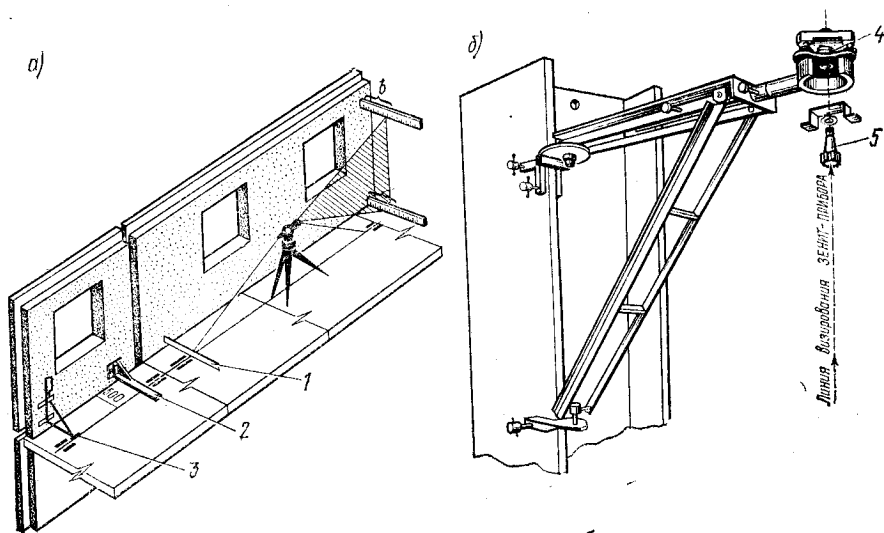


Рис. 113. Разбивочные приспособления:

а — для бокового нивелирования; б — кронштейн для установки геодезических приборов; 1 — деревянный метр; 2 — рейка; 3 — металлический шаблон; 4 — подставка теодолита на кронштейне; 5 — становой винт

Отвес-линейку подвешивают на верхний торец панели так, чтобы верхний и нижний ее упоры вплотную прилегли к поверхности панели. Сбоку отвеса-линейки прикреплен шкала, по нулевому делению которой устанавливают отвес. Используя отвес-линейку как подвесную рейку при нивелировании, определяют (проверяют) отметку верхнего торца панели.

Специальные рейки (рис. 113, а) применяют для контроля смещения панелей от разбивочной оси и вертикальности их методом бокового нивелирования. Кронштейны (рис. 113, б) — для установки теодолитов и марок при монтаже и контроле подкрановых путей. Существуют и другие устройства.

РАЗБИВОЧНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ — линейные, угловые и высотные проектные параметры, необходимые для определения на местности положения отдельных точек сооружения.

Подготовка Р.э. может осуществляться тремя способами: аналитическим, графическим и комбинированным.

При аналитическом способе расчета Р.э. в качестве исходных принимают координаты точек планового съемочного обоснова-

ния и координаты углов проектируемого сооружения $x_A; y_A; x_B; y_B$ (рис. 114). По координатам углов проектируемого сооружения и геодезического пункта, например точки 1, решая обратную геодезическую задачу*, находят дирекционные углы и расстояния от геодезического пункта до угла проектируемого сооружения. Углы $\beta_1—\beta_7$ вычисляются по разностям дирекционных углов составляющих направлений.

При графическом способе горизонтальные положения и координаты точек снимают графически с топографических планов крупного масштаба, как правило, 1 : 500.

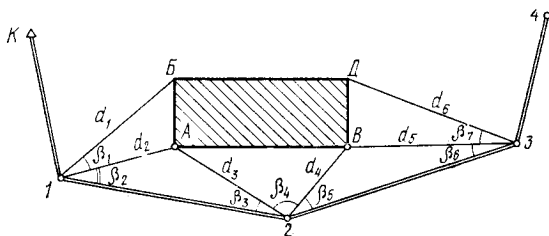


Рис. 114. Разбивочные элементы:

A, B, C, D — точки проектируемого сооружения;
 $1, 2, 3, \dots$ — точки опорной сети; $\beta_1—\beta_7$ и $d_1—d_7$ — горизонтальные углы и расстояния

При комбинированном способе сочетают приемы аналитического и графического способов.

Положение отдельных точек проектируемого сооружения на местности получают различными способами, но чаще всего используют способы полярных координат, линейных и угловых засечек, прямоугольных координат и т. д. Точность положения проектных точек на местности зависит от точности исходных данных, точности построения проектного направления и проектного расстояния.

РАЗБИВОЧНЫЙ ЧЕРТЕЖ — чертеж, содержащий все необходимые данные для перенесения отдельных элементов сооружения в натуру.

Р.ч. для проекта детальной планировки — разрабатывают на топографическом плане масштабов 1 : 1000 или 1 : 2000. Исходными данными для составления Р.ч. детального проекта служат координаты углов опорных зданий и сооружений. На нем показывают координаты и отметки углов кварталов, размеры кварталов по красным линиям, красные линии застройки, координаты точек пересечения красных линий, точек излома осей улиц и проездов и т. п.

По координатам опорных зданий и сооружений находят дирекционные углы направлений основных улиц и проездов. Эти направления принимают за основные при расчете осей остальных проездов и улиц.

Р.ч. технического проекта — составляют для перенесения на местность проекта застройки. В этом случае за основу при-

нимают топографический план масштаба 1 : 500. Исходными являются данные Р. ч. для проекта детальной планировки. На Р. ч. технического проекта показывают координаты угловых точек красных линий. Размеры внутриквартальной застройки согласуют с размерами красных линий кварталов, для этого суммируют проектные линии фасадов зданий и величины разрывов между ними, определенные графически с плана. Общую длину сравнивают с

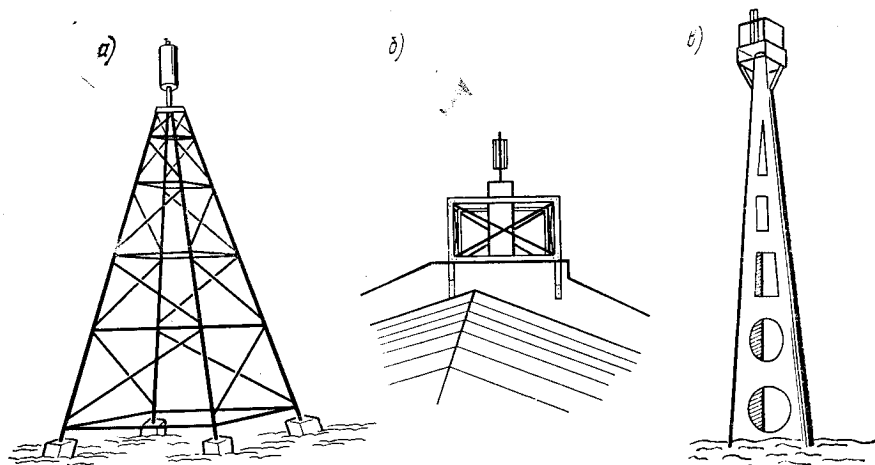


Рис. 115. Металлическая пирамида (а), надстройка на здании (б) и бетонный сигнал (в)

длиной красной линии квартала, вычисленной по координатам углов квартала. Полученную разность распределяют на разрывы пропорционально их длинам. Размеры деталей проекта выписывают с точностью до 1 см.

Для перенесения на местность отдельных точек сооружения определяют по координатам исходных пунктов и искомой точки геометрические элементы привязки (разбивочные элементы) и записывают их на Р.ч.

РАЗБОРНЫЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ЗНАКИ — разновидность геодезических знаков, предназначенных для замены трудоемких и дорогостоящих деревянных знаков. Р.г.з. делают в виде сборно-разборных металлических сигналов и пирамид (рис. 115, а, б) различной высоты (7,5—25 м). Детали Р.г.з. изготавливают из равнобоких уголков и труб. Форма сигналов, как правило, четырехгранная; пирамид — трехгранная. Основание металлических сигналов закрепляют в земле якорями. Сборно-разборные знаки удобно транспортировать отдельными узлами и достаточно быстро, с применением средств механизации, собирать на месте установки. После выполнения наблюдений Р.г.з. демонтируют и перевозят на

новое место. Многократное их использование значительно сокращает расходы на строительные материалы.

В городах Р.г.з. устанавливают на перекрытиях высоких зданий. Преимущества металлических Р.г.з. — их долговечность, малые масса и площадь ветрового сопротивления.

Иногда Р. г. з. изготавливают из железобетонных конструкций. Такие сигналы сооружают из крупных панелей заводского изготовления и монтируют на участке с помощью кранов. Размеры панелей 4,5—6,0 м, высота сигнала до 25 м. В верхней части сигнала имеется пилон для установки прибора и металлическая или деревянная платформа для наблюдателя. Железобетонные сигналы и пирамиды (рис. 115, в) обладают хорошей жесткостью и не подвергаются коррозии.

РАЗРЕШАЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ ГЛАЗА — способность глаза раздельно видеть изображение двух точек. Разрешающая способность глаза близка к одной угловой минуте. Пределы ее обусловлены структурой сетчатки. Глаз воспринимает предмет в виде точки, если изображение предмета умещается в пределах одного элемента сетчатки.

Две точки глаз различает отдельно, если их изображения на сетчатке находятся на разных элементах, разделенных по крайней мере одним нераздраженным элементом.

Высокая разрешающая способность глаза при оценке смещения линий имеет большое значение при измерении расстояний оптическими дальномерами и при отсчетах по шкалам измерительных приборов.

РАСЧЕТ КРАСНЫХ ЛИНИЙ — процесс определения координат точек, расположенных на линии ограничения застройки — красной линии. Исходным материалом является план красных линий в масштабах 1 : 2000—1 : 5000. Р.к.л. можно выполнять тремя способами: графическим, аналитическим и комбинированным.

При графическом способе положение красной линии на плане относительно осей координат x и y определяют с помощью измерителя и масштабной линейки. Такой способ рекомендуется применять при предварительном расчете и на стадии подготовительных работ.

При аналитическом способе координаты углов зданий определяют на основе материалов детальной съемки (съемки фасадов зданий) или специально проложенных теодолитных ходов. По координатам опорных зданий (расположенных на углах площадей, улиц, кварталов и т. д.), решая обратную геодезическую задачу, вычисляют длину и дирекционные направления красной линии.

Комбинированный способ сочетает в себе элементы графического и аналитического способов.

РЕДУЦИРОВАНИЕ ЛИНИИ НА ПОВЕРХНОСТЬ ОТНОСИМОСТИ — производится путем введения поправки в длину S измеренной линии: $\Delta S = -SH_m / (R + H_m)$, где H_m — геодезическая высота средней точки линии над поверхностью референц-эллипсоида;

R — радиус кривизны нормального сечения референц-эллипсоида в средней точке, под азимутом линии; S — длина линии, приведенная к горизонту.

РЕЙКИ НИВЕЛИРНЫЕ — рейки, предназначенные для определения превышений. Их изготавливают в виде деревянного бруса прямоугольного или двутаврового сечения длиной 3—4 м с нанесенной на лицевой поверхности шкалой.

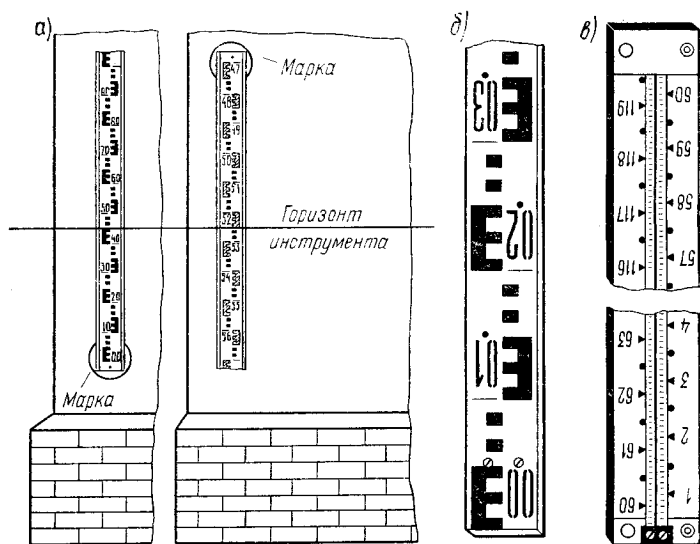


Рис. 116. Нивелирные рейки

Р.н. подвесные — применяют для привязки нивелирных ходов к стенным нивелирным знакам — маркам. Длина Р.н.п. около 1 м. Ее подвешивают на штифте, который вставляют в отверстие марки. Штифт и отверстие должны быть равных диаметров. Если горизонт прибора находится выше марки, то отсчет по подвесной рейке будет со знаком «+», если ниже — со знаком «-» (рис. 116, а).

Р.н. шашечные — имеют деления, которые наносят с одной или с двух сторон. Окраска делений: на одной стороне черно-белая, на другой — красно-белая. Каждая шашка имеет ширину 1 см, деления подписаны через дециметр. Нули шкал на лицевой и обратной сторонах смещены примерно на 48 см (рис. 116, б).

Р.н. штриховые — применяют для высокоточного нивелирования. На лицевой стороне имеется паз, в котором натянута инварная полоса с двумя рядами штрихов толщиной 1 мм и расстоянием между их осями 5 мм. Штрихи подписаны через 5 см (рис. 116, в). Шкалы смещены относительно друг друга на 2,5 мм. На одной (основной) шкале полудециметровые деления подписаны от

0 до 60, на другой (дополнительной) — от 60 до 119. Рейки снабжены круглыми уровнями.

РЕКОГНОСЦИРОВКА (от лат. *recogno* — осматриваю) — осмотр и обследование местности с целью уточнения проекта проведения геодезических работ, уточнения местоположения пунктов геодезического обоснования, проверки взаимной видимости между соседними пунктами и условий для проведения измерений.

РЕЛЬЕФ — совокупность неровностей суши, дна океанов и морей, разнообразных по очертаниям, размерам, происхождению, возрасту и истории развития.

На планах и картах Р. изображают способами: 1) штрихов; 2) отмывки; 3) цветной пластики; 4) горизонталей.

При изображении рельефа штрихами их наносят параллельно скату. Чем круче скат, тем толще штрихи.

При отмывке скаты окрашивают коричневой краской. Чем круче скат, тем интенсивнее окраска. При цветной пластике низменности окрашивают зеленым цветом, горы и предгорья — коричневым.

Точное представление о превышениях между точками дает способ изображения рельефа горизонталями. *Горизонтали (изогипсы)* — это замкнутые кривые линии, все точки которых имеют одинаковую высоту. Они представляют собой на карте спроектированные на горизонтальную плоскость следы сечения земной поверхности уровнями поверхностями (рис. 117).

Расстояние h по отвесной линии между соседними горизонталями называют *высотой сечения рельефа*. Отметки горизонталей всегда кратны принятой высоте сечения рельефа. Горизонтали не могут разветвляться и пересекаться. Короткие штрихи, перпендикулярные горизонталям и показывающие направление ската, называют *бергштрихами*. Расстояние d между соседними горизонталями на плане называют *заложением*. Чем меньше заложение, тем круче скат на местности и наоборот.

РЕН ОПТИЧЕСКОГО МИКРОМЕТРА — несовпадение длины шкалы микроскопа-микрометра с величиной интервала между штрихами лимба. К несовпадению этих величин приводит неточный подбор увеличения микроскопа. Для определения рена с помощью шкалы микрометра измеряют интервалы между делениями на различных частях лимба и вычисляют среднее значение рена. Если величина рена превышает половину деления шкалы микро-

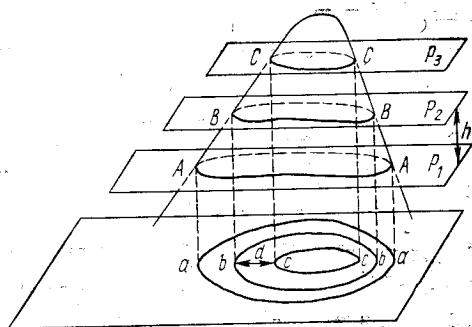


Рис. 117. Сущность метода горизонталей

метра, то в результаты измерений вводя поправку $\Delta i = ri/n$, где r — величина рена; n — число делений шкалы; i — отсчет по шкале микрометра.

РЕПЕР ГЛУБИННЫЙ — знак нивелирной сети, устанавливаемый на строительной площадке для наблюдений за осадками сооружений. Чтобы в период наблюдений его положение оставалось постоянным (устойчивым), его закладывают на большую глубину так, чтобы его нижняя часть (база) касалась коренных пород

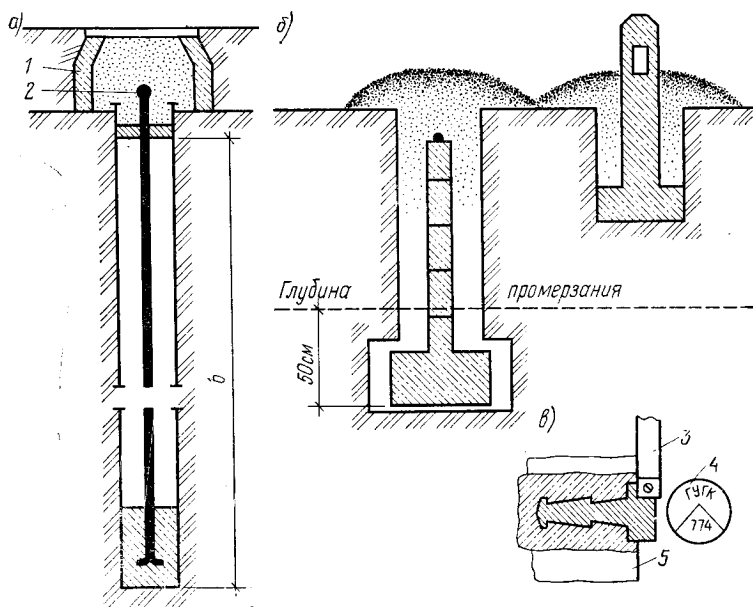


Рис. 118. Схемы глубинного (а), грунтового (б) и стенного (в) реперов:

1 — защитное устройство; 2 — головка репера; 3 — рейка; 4 — репер; 5 — цоколь здания

(лучше всего — скального основания). Р.г. (рис. 118, а) состоит из головки 2, базы б и защитных устройств 1. Головка Р.г. имеет вид полусферы. Ее изготавливают из бронзы или нержавеющей стали. База Р.г. — металлический штырь или труба, зацементированная в скальный грунт, или свая, забиваемая в песчаный или глинистый грунт. Защитное устройство предназначено для изоляции базы от возможного воздействия окружающей среды. Над Р.г. устанавливают чугунный колпак с крышкой. Люк заполняют опилками или шлаком до уровня реперной головки.

РЕПЕР ГРУНТОВЫЙ — знак нивелирной сети, закладываемый в грунт ниже глубины промерзания (рис. 118, б). Р.г. представляет собой железобетонный монолит с полусферической маркой, заделанной в верхней части, или отрезок рельса, или трубу с якорем.

Головка Р.г. закладывается на 0,5 м ниже поверхности Земли. На расстоянии 1 м от Р.г. ставят опознавательный столб с охранной плитой, обращенной в сторону знака. Отметка Р.г. может изменяться вследствие воздействия пучения грунта.

РЕПЕР ИСХОДНЫЙ — наиболее надежный глубинный репер, отметка которого принята в качестве исходной при наблюдениях за осадками сооружений.

РЕПЕР СТЕННОЙ — геодезический знак нивелирной сети (рис. 118, в), закладываемый в цоколи каменных зданий и сооружений, обеспечивающих постоянство положения Р.с. по высоте. На выступающей части Р.с. имеется сектор с ребром, на котором устанавливают рейку.

РЕПЕР РАБОЧИЙ — временный знак нивелирной сети, устанавливаемый в грунте или на стенах сооружений при кратковременных работах или при их прерывании во время прокладки нивелирного хода.

РЕПЕР СТРОИТЕЛЬНЫЙ — геодезический знак, расположенный на строительной площадке и закрепляющий точку с известной высотой. Высоту Р.с. определяют из геометрического нивелирования и, как правило, вычисляют в Балтийской системе высот.

Р.с. необходим только на период строительства. Он представляет собой железобетонный пилон, закладываемый в грунт на глубину 1,2—1,5 м. Часто Р.с. совмещают с пунктом закрепления основных разбивочных осей. Иногда его закладывают в стены капитальных зданий как *стенной* репер.

РЕФЕРЕНЦ-ЭЛЛИпсоИД — земной эллипсоид, служащий вспомогательной математической поверхностью, к которой приводят результаты геодезических измерений на земной поверхности. Р.-э. характеризуется параметрами: большой a и малой b полуосями (рис. 119), а также полярным сжатием $\alpha = (a-b)/a$.

Поверхность Р.-э. считается поверхностью относимости в данной стране или группе стран. На эту поверхность проектируют элементы геодезических сетей. Положение Р.-э. в теле Земли определяется координатами исходного пункта геодезической сети и его высотой H над поверхностью эллипсоида. В СССР в качестве Р.-э. в 1946 г. принят эллипсоид *Ф. Н. Красовского*; его параметры: $a = 6\,378\,245$ м, $\alpha = 1/298,3$.

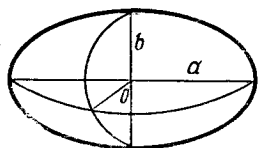


Рис. 119. Эллипсоид вращения

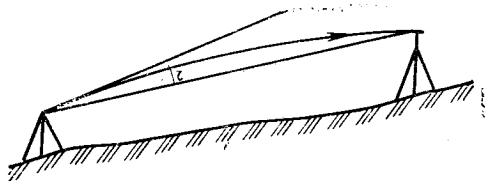


Рис. 120. Вертикальная рефракция

РЕФРАКЦИЯ СВЕТА — преломление светового луча в среде с непрерывно изменяющимся показателем преломления.

Р.с. вертикальная — характеризуется углом r'' земной рефракции (земного преломления), т. е. углом между касательной к визирному лучу в точке наблюдений и прямолинейным направлением на наблюдаемый предмет (рис. 120): $r'' = kSp''/(2R)$, где k — коэффициент земной рефракции; S — длина визирного луча; $\rho'' = 206265''$; R — радиус Земли. Поправка за вертикальную Р.с. вводится в результаты работ по тригонометрическому нивелированию.

Р.с. горизонтальная — угол между касательной к визирному лучу в точке наблюдений и прямой, соединяющей исходную и наблюдаемую точки. Р.с.г. возникает из-за наклона слоев воздуха одинаковой плотности к горизонту. Величина Р.с.г. может достигать в неблагоприятных условиях нескольких секунд. Влияние Р.с.г. стремятся ослабить путем многократных измерений направлений в разнообразных атмосферных условиях в разное время суток и по возможности избегают, чтобы визирный луч проходил вблизи строений и других предметов местности.

РУМБ — острый горизонтальный угол между ближайшим концом меридиана (северным или южным) или осью абсцисс и направлением на данный предмет (рис. 121). Различают Р. истинные, магнитные и табличные. Р. истинные отсчитывают от истинного меридиана, магнитные — от магнитного меридиана; табличные — от направления оси абсцисс или линий, ей параллельной. Перед численным значением Р. указывается его направление относительно стран света. Связь между азимутами (дирекционными углами) и Р. приведена в табл. 16.

РУЛЕТКИ МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ — мерные приборы, предназначенные для непосредственного измерения расстояний при выполнении инженерно-геодезических, съемочных, изыскательских и разбивочных работ в строительстве.

Р. металлические — изготовляют из стального листа шириной 10—12 мм, толщиной 0,16—0,26 мм и длиной 10, 20, 30, 50, 75 и 100 м. В соответствии с ГОСТ 7502—69 Р.м. выпускают в закрытом корпусе (РЗ); на крестовине (РК); на вилке (РВ) и с грузом (РЛ). Цена деления Р.м. на первом дециметре 1 мм, на остальных 1—10 мм.

Р. полотняные — изготовляют из прочной полотняной ленты шириной 15 мм, длиной до 10 м. Более длинных Р.п. не делают, так как при измерениях они могут растягиваться и привести к недопустимым погрешностям. Р.п. свертывают в пластмассовый корпус. Цена деления 1 см. Для удержания рулетки на переднем конце имеется кольцо. Р.п. применяют для съемки второстепенных элементов ситуации.

СБЛИЖЕНИЕ МЕРИДИАНОВ — угол γ в данной точке M_2 (рис. 122) между направлением ее меридиана и направлением меридиана другой точки M_1 земной поверхности.

Величину С.м. можно получить по приближенной формуле $\gamma = \Delta\lambda \sin \varphi_m$, где $\Delta\lambda = \lambda_2 - \lambda_1$ — разность долгот точек M_1 и M_2 ; φ_m — средняя широта точек M_1 и M_2 .

Знак угла γ определяется знаком разности долгот $\Delta\lambda$.

Таблица 16

Номер четверти	Азимут A или a	Румбы r
I	0—90°	$CB: r_1 = A$
II	90—180°	$ЮВ: r_2 = 180^\circ - A$
III	180—270°	$ЮЗ: r_3 = A - 180^\circ$
IV	270—360°	$СЗ: r_4 = 360^\circ - A$

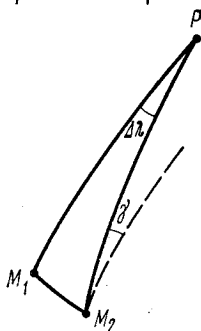


Рис. 122. Сближение меридианов

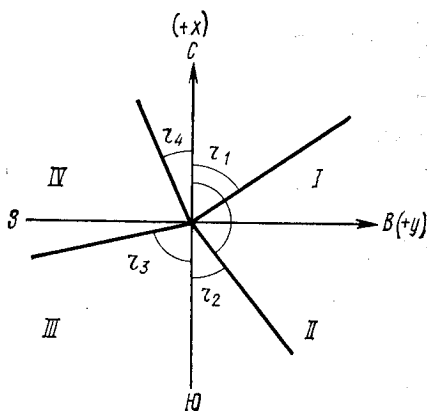


Рис. 121. Румбы

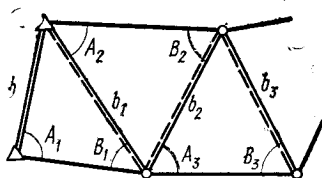


Рис. 123. Связующие углы треугольника

СВЕТОДАЛЬНОМЕР — электромагнитный дальномер, использующий электромагнитные волны светового диапазона. С. предназначен для измерения расстояния по известной скорости и измеренному времени τ распространения электромагнитных волн оптического диапазона. В зависимости от характера излучения их делят на импульсные и фазовые. В геодезических С. чаще всего используют фазовые С. (см. дальномеры электроннооптические*).

С. состоит из источника и приемника света; передающей и принимающей оптических систем; модулятора и демодулятора света; генератора модулирующей частоты; фазоизмерительного устройства; отражателя и источника питания.

Условно С. можно разделить по следующим признакам: по дальности действия — большие до 30—50 км, средние до 15 км и малые до 2 км;

по точности измерения расстояний — высокоточные и точные. К высокоточным можно отнести все большие и некоторые малые С., предназначенные для измерения расстояний до 0,5 км с погрешностью порядка 1—2 мм. Остальные С. можно отнести к точным;

по характеру выдачи показаний: либо дальномеры, позволяющие получить промежуточные отсчеты, требующие дальнейшей обработки для определения длины линии; либо дальномеры-автоматы, позволяющие снять с приборов измеренную длину в цифровом виде или зарегистрировать показания на перфоленгу; либо дальномеры-полуавтоматы, занимающие промежуточное положение.

СВЕТОДАЛЬНОМЕРНАЯ ПОЛИГОНОМЕТРИЯ — метод построения и развития геодезических сетей, в котором стороны полигонометрического хода измеряют светодальномером, а углы — теодолитом. С появлением светодальномеров этот метод получил широкое распространение при создании обоснования для топографических съемочных работ, решении геодезических задач для городского и промышленного строительства. Преимущество С.п. состоит в том, что в ней значительно быстрее и точнее измеряют стороны полигонометрических ходов; при этом несколько изменяются методика и организация полевых измерений, так как отпадает необходимость устанавливать светодальномер на каждом пункте хода.

СВЯЗУЮЩИЕ УГЛЫ ТРЕУГОЛЬНИКОВ — углы A_i и B_i в ряде триангуляции (рис. 123), с помощью которых определяют длины примыкающих (связующих) сторон этой цепочки.

При измеренной базисной стороне b прочие связующие стороны вычисляют по теореме синусов $b_1 = b \sin A_1 / \sin B_1$; $b_2 = b \sin A_2 / \sin B_2$ и т. д.

СЕРПАНТИН — участок извилистой горной дороги со сложными поворотами и склонами. Как правило, на таких участках наблюдается большая разность высот между началом и концом кривой при незначительной длине закруглений, что приводит к образованию продольных уклонов, намного превышающих предельные. Обычные способы сопряжения прямых участков на таких дорогах становятся невозможными. В этом случае для сопряжения линий на крутых поворотах и склонах применяют линии серпантина, а трассирование дороги проводят в виде зигзагов с очень острыми внутренними углами. На косогорных трассах серпантин проектируют для обхода оврагов, ущелий и других препятствий.

Основные элементы серпантина (рис. 124): FOE — основная круговая кривая с радиусом R ; AP и BG — две вспомогательные кривые с радиусами r_1 и r_2 ; две прямые вставки или переходные кривые $PF = m_1$ и $EG = m_2$. Если радиусы вспомогательных кривых и прямые вставки серпантина соответственно равны, т. е. $r_1 = r_2$ и $m_1 = m_2$, то она называется *симметричной*.

СЕТКА НИТЕЙ — система штрихов, расположенных в плоскости изображения, даваемого объективом зрительной трубки гео-

дизического прибора, служащая для обозначения визирной оси и наведения ее на изображение наблюдаемых предметов, путем совмещения пересечения нитей с направлением на предмет.

Нити сетки гравировуют на стеклянных пластинках, укрепленных на диафрагме. Диафрагма устанавливается вблизи окуляра на постоянном удалении от объектива прибора и может перемещаться при помощи исправительных винтов.

Совмещение изображения наблюдаемого предмета, даваемого объективом трубы, с плоскостью С.н. достигается перемещением фокусирующей линзы, расположенной между объективом и С.н.

Виды С.н. (рис. 125) зависят от назначения прибора.

СИЛА ТЯЖЕСТИ ЗЕМЛИ в данной точке земной поверхности — равнодействующая двух сил — силы земного тяготения F и центробежной силы Q ее враще-

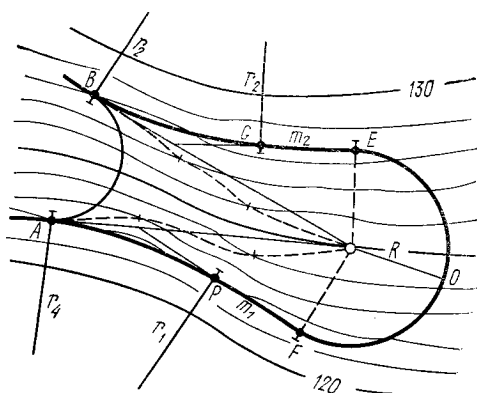


Рис. 124. Серпантин

--- линия нулевых работ

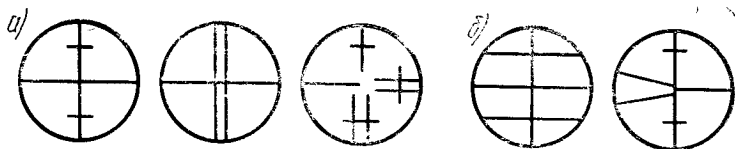


Рис. 125. Виды сеток нитей зрительных труб:

а — для угломерных приборов; б — для нивелиров

ния около своей оси; $G = F + Q$, где $F = fmM/R^2$; $Q = \omega^2\rho$; f — гравитационная постоянная; m — единичная масса; M — масса Земли; R — расстояние до центра тяготения; ω — угловая скорость вращения Земли; ρ — расстояние от данной точки до оси вращения Земли.

С.т. изменяется с изменением широты места и высоты точки над уровнем моря. Главной составляющей С.т. является сила земного тяготения F . Центробежная сила Q даже на экваторе составляет лишь $0,033 F$. В данной точке земной поверхности направление отвесной линии совпадает с вектором G силы тяжести.

С.т. характеризуется величиной ускорения, которое приобретает в данной точке свободно падающее тело. За единицу ускорения принимается 1 Гал = 1 см/с^2 , т. е. ускорение, которое сообщает массе в 1 г сила в 10^{-5} Н. Нормальная С.т. на экваторе Земли равна 978,030 Гал. Изучение распределения С.т. на поверхности Земли связано с изучением поверхности геоида (квасигеоида).

СКЛОНЕНИЕ МАГНИТНОЙ СТРЕЛКИ — угол δ между астрономическим и магнитным меридианом в данной точке (рис. 126) $\delta = A_a - A_m$. С.м.с. учитывают при переходе от магнитных азимутов к астрономическим.

С.м.с. называют восточным, когда магнитный меридиан отклоняется от астрономического к востоку, и западным, когда магнитный меридиан отклоняется от астрономического к западу. Восточному склонению приписывается знак плюс, западному — минус.

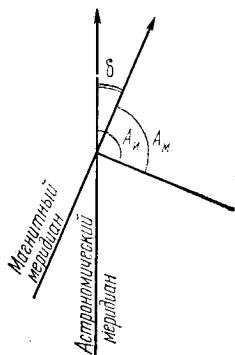


Рис. 126. Склонение магнитной стрелки

В связи с неоднородностью магнитного поля Земли, а также в связи с перемещением магнитных полюсов относительно географических С.м.с. изменяется с изменением места и времени. Различают вековое, годовое и суточное изменения склонения. Вековое изменение склонения достигает десятков градусов, годовое — несколько минут. Суточное изменение склонения достигает $15'$.

СКОРОСТЬ СВЕТА — имеет важное значение в момент измерения расстояний световыми и радиодальномерами. По современным данным скорость света в вакууме $C = 299792,5 \pm 0,4$ км/с.

В физике для характеристики скорости пользуются понятием «фазовая скорость», имея в виду скорость, с которой передается

фаза колебаний от одной точки пространства к другой. В вакууме фазовая скорость не зависит от частоты колебаний (длины волны). В воздухе же она уменьшается с уменьшением длины волны (красные лучи распространяются быстрее желтых, желтые — быстрее синих и т. д.).

Так как при измерениях практически пользуются смешанным по спектральному составу световым потоком, то вычисляют групповую скорость света $v = c/n$, где n — показатель преломления воздуха.

СРЕЗКА УРОВНЕЙ — перевычисление отметок уровней воды в реке, полученных в разное время на один физический момент, что необходимо при гидротехнических изысканиях для составления профиля реки. Так как из-за больших расстояний между точками, подлежащими нивелированию, такую задачу быстро решить трудно, реку разделяют на отдельные участки и нивелируют их так, чтобы выполнить работу в течение одного-двух дней. На границах участков устраивают временные водомерные посты, где устанавливают реперы. Наблюдения на водомерных постах за уровнем воды начинают до начала нивелирных работ и ведут до их окончания.

В результате нивелирования получают отметки уровней воды на участках на определенную дату. Для приведения уровней к одному моменту времени (обычно к 13 часам) в отметки уровней вводят поправки — срезки, которые вычисляют по данным наблю-

дений водомерных постов. Временные водомерные посты устраивают в характерных местах перегибов водной поверхности реки: выше и ниже мостов, плотин, в суженных участках реки, на перекатах; в верхнем и нижнем бьефе порога и на его гребне; при впадении притоков и т. д. В период нивелирования урвней воды для получения приведенных урвней, наблюдения на временных водомерных постах ведут с интервалами 1—2 ч. Точки, предназначенные для нивелирования урвней воды, закрепляют кольями, забиваемыми на урвне воды в реке в защищенных от волнения местах.

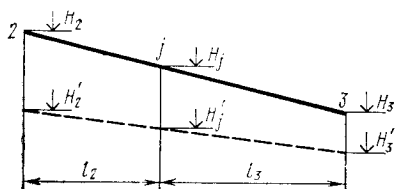


Рис. 127. Схема срезки урвней

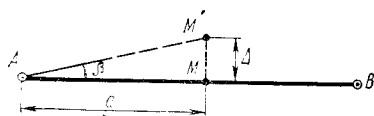


Рис. 128. Схема створных измерений

Установку кольев и их нивелирование на участках между временными водомерными постами по возможности выполняют в один и тот же день. В нивелирном журнале отмечают день и час нивелирования кольев. После окончания полевых работ обрабатывают полевые материалы и вычисляют приведенные урвни. Допустим, что в 11 часов 28 июля производилось нивелирование урвня воды в точке j и получили отметку H_j (рис. 127). В этот же момент отметки урвней воды на соседних водомерных постах 2 и 3 оказались H_2 и H_3 . Горизонт воды к 13 часам 16 августа (дата срезки урвней) изменился и стал H_2' и H_3' . Горизонт воды в точке j тоже изменился на какую-то величину ΔH_j , которую необходимо найти, чтобы вычислить отметку H_j' на дату срезки урвней. Поправку ΔH_j находят интерполированием:

$$\Delta H_j = \Delta H_2 - (\Delta H_2 - \Delta H_3) l_2 / (l_2 + l_3) \quad \text{или}$$

$$\Delta H_j = \Delta H_3 + (\Delta H_2 - \Delta H_3) l_3 / (l_2 + l_3),$$

где l_2, l_3 — расстояния от точки j до водомерных постов 2 и 3.

СТАНЦИЯ (геодезическая) — точка, в которой устанавливают прибор для наблюдений. Станции бывают: теодолитные, нивелирные, тахеометрические, мензульные и т. д. Ряд последовательных станций могут образовать теодолитный, нивелирный, тахеометрический, мензульный и другие ходы.

СТВОР — вертикальная плоскость, проходящая через две точки. При наблюдениях за горизонтальными смещениями сооружения конечные точки С. располагают вне сооружения и вне зоны деформаций и закрепляют специальными геодезическими центрами, обеспечивающими их сохранность и неподвижность.

СТВОРНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ — выполняют при наблюдениях за горизонтальными смещениями прямолинейных сооружений: плотин, мостов, подпорных стенок и т. д. Конечные опорные пункты створа * располагают вне сооружения. На сооружении в створе закрепляют контрольные точки. По смещению этих точек в направлении, перпендикулярном створу, судят о смещении сооружения.

Величина смещения контрольной точки M (рис. 128) $\Delta = d\beta/\rho$, где β — горизонтальный угол, измеряемый высокоточным теодолитом либо с помощью зрительной трубы с окулярным микрометром.

Для определения Δ можно использовать подвижную марку с микрометром. В точке A устанавливают теодолит, трубу которого наводят на точку B . В точке M устанавливают марку. По команде наблюдателя помощник с помощью микрометра перемещает марку до тех пор, пока она не окажется в створе. Отсчет по шкале микрометра дает величину смещения.

СТЕРЕОСКОПИЧЕСКОЕ (БИНОКУЛЯРНОЕ) ЗРЕНИЕ — зрение двумя глазами. В этом случае зрительные оси глаз располагаются таким образом, что изображения рассматриваемого предмета попадают на идентичные участки сетчатки правого и левого глаза. В силу того, что каждый глаз видит наблюдаемый предмет с различных точек зрения, в мозгу человека создается единый пространственный образ рассматриваемого предмета, а в случае нескольких предметов, расположенных на разном удалении, возникает ощущение глубины рассматриваемого пространства.

СТЕРЕОСКОПИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ — искусственное зрительное ощущение глубины, объемности наблюдаемой картины, называемой стереомоделью, возникает при рассматривании двух плоских снимков (стереопары) объекта, снятых с разных точек. Для получения С.э. базис фотографирования должен быть не более $1/4$ расстояния до объекта, а разномасштабность снимков — не более 16%.

Наиболее распространенным прибором для наблюдения стереомодели является стереоскоп — оптический прибор, позволяющий рассматривать одновременно снимки стереопары правым и левым глазом. На рис. 129 представлена схема топографического зеркально-линзового стереоскопа.

СТРОИТЕЛЬНАЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ СЕТКА — геодезическая сеть в виде системы квадратов или прямоугольников, ориентированных параллельно большинству разбивочных осей сооружений. Стороны квадратов или прямоугольников бывают равными 50, 100 или 200 м. Вершины квадратов закрепляют геодезическими знаками. Форма строительной геодезической сетки зависит от ее назначения, типа строящегося объекта, характера рельефа на строительной площадке, а также от степени плотности существующей застройки (рис. 130).

С.г.с. вычисляют в условной системе координат. Направление осей координат выбирают параллельно линиям С.г.с.; начало ко-

ординат — таким, чтобы все пункты имели положительные координаты (часто за начало координат условно принимают юго-западный угол С.г.с.).

Для обеспечения максимальной сохранности знаков С.г.г. при строительстве их размещение увязывают с генеральным планом. Знаки С.г.с. служат одновременно реперами высотного обоснования.

СТРОИТЕЛЬНЫЙ

НУЛЬ — проектная отметка уровня чистого пола первого этажа. Абсолютная отметка С.н. задается в проекте сооружения. При выполнении строительно-мон-

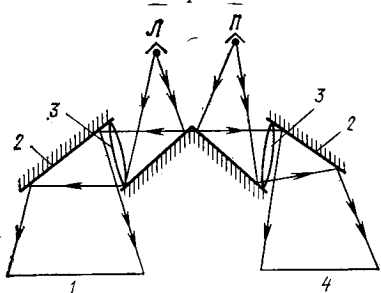


Рис. 129. Схема зеркально-линзового стереоскопа:

1 и 4 — левый и правый снимки; 2 — зеркала; 3 — линзы; Л и П — левый и правый глаза наблюдателя

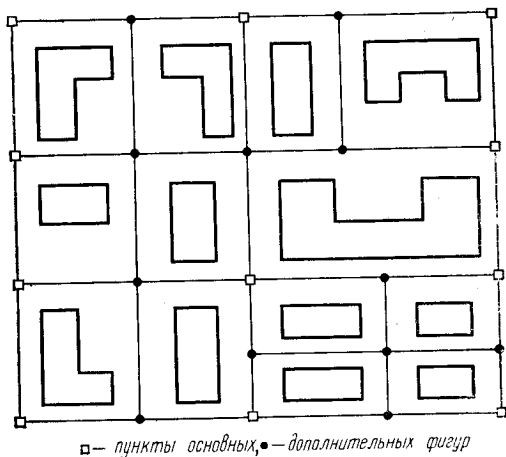


Рис. 130. Строительная сетка

тажных работ на строительном участке условные отметки отдельных элементов сооружения отсчитывают от С.н.

С.н. выносится геометрическим нивелированием и закрепляется на строительной площадке или отмечается на стене здания откраской горизонтальной чертой.

СФЕРИЧЕСКИЙ ИЗБЫТОК — разность ϵ между суммой углов сферического многоугольника и суммой углов плоского многоугольника. Для малых фигур $\epsilon'' = (P/R^2)\rho''$, где P — площадь фигуры; R — радиус сферы; $\rho'' = 206\,265''$.

СФЕРИЧЕСКИЙ ТРЕУГОЛЬНИК — треугольник на сфере единичного радиуса, в котором стороны и углы представлены в угловой мере (рис. 131). С.т. — фигура, образованная тремя дугами больших кругов, пересекающихся в ее вершинах.

Сторона С.т. равна плоскому углу между радиусами сферы, направленными в вершины треугольников; угол С.т. равен двугранному углу между плоскостями, идущими из центра сферы к сторонам С.т. Сумма углов С.т. всегда больше 180° на величину сферического избытка*.

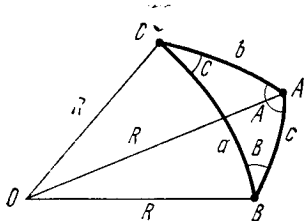


Рис. 131. Сферический треугольник

Основные формулы для решения С.т.:

$$\cos a = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A;$$

$$\cos A = -\cos B \cos C + \sin B \sin C \cos a;$$

$$\sin b / \sin B = \sin a / \sin A = \sin c / \sin C.$$

СХЕМА ХОДОВ — чертеж, на который наносят исходные пункты, проложенные ходы и узловые точки. С.х. составляют для выбора правильной последовательности вычислений и обработки

полученных результатов. Например, на С.х. нивелирных (рис. 132) показывают отметки реперов и их номера (№ 18/106, 739), значения превышений Σh по каждому ходу, длину L и направление хода (стрелкой), величину навязки $f h$.

СЪЕМКА ВЕРТИКАЛЬНАЯ ПЛОЩАДНАЯ — один из видов вертикальной съемки, применяемый на открытой или полузакрытой местности со спокойным или слабо выраженным рельефом. По результатам съемки составляют крупномасштабные планы земной по-

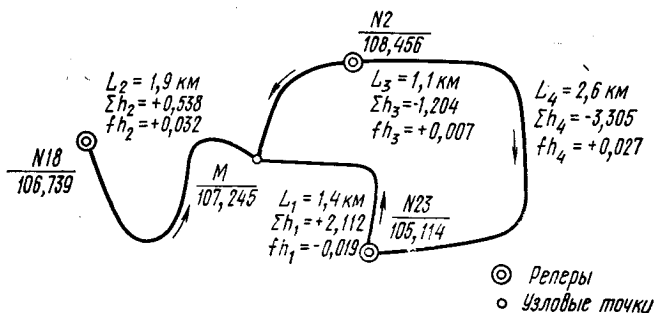


Рис. 132. Схема нивелирных ходов

верхности с изображением рельефа горизонталями через 0,25, 0,5 м. Отметки точек при С.в.п. получают геометрическим нивелированием, что дает возможность повысить точность съемки равнинного рельефа. С.в.п. применяют при изысканиях для строительства населенных пунктов, промышленных сооружений, аэродромов и т. д. Ее выполняют нивелированием полярным способом, нивелированием по параллельным линиям, по квадратам и способом полигонов.

Нивелирование полярным способом выполняют нивелиром с горизонтальным кругом (НТ) и с нитяным дальномером со станций теодолитно-нивелирного хода. Нивелир устанавливают над исходной точкой. На станции измеряют горизонтальные углы между исходным направлением и направлением на снимаемые точки и расстояния до речных точек. Отметки речных точек опре-

деляют относительно горизонта инструмента по формуле $H_h = GI - a_h$, где H_h — отметка текущей точки; a_h — отсчет по рейке в этой точке; $GI = H_{исх} + J$ — горизонт инструмента; $H_{исх}$ — отметка станции теодолитно-нивелирного хода; J — высота нивелира над станцией.

Этот способ применяют в полузакрытой местности с небольшими перепадами высот, когда с одной постановки нивелира можно определить отметки всех точек на данной станции.

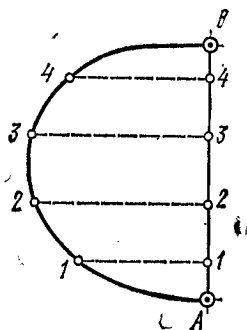


Рис. 133. Схема нивелирования по магистралям

	А	Б	В	Г	Д	Е
6	V	VI	VII	VIII	IX	
5	IV		XIX		X	
4	III		XVIII		XI	
3	II		XVII		XII	
2	a_1 a_2	b_1 b_2				
1	I	XVI	XV	XIV	XIII	

Рис. 134. Сетка для нивелирования по квадратам

Нивелирование по параллельным линиям — выполняют на местности с малыми уклонами как на открытой, так и покрытой лесом или кустарником. По середине участка или по его внешней границе прокладывают магистраль АВ (рис. 133), являющуюся опорой для съемки. По магистрали прокладывают теодолитный ход и разбивают параллельные линии 1—1, 2—2, 3—3, 4—4, пикетаж по магистрали и по параллельным линиям. Расстояния между линиями определяются масштабом плана и рельефом местности. Одновременно с разбивкой пикетажа производится съемка ситуации. Пикетаж и ситуацию подробно заносят в абрис. Геометрическое нивелирование выполняют по магистрали АВ и параллельным линиям; результаты нивелирования записывают в журнал. После обработки полевых данных в камеральных условиях составляют топографический план участка.

Нивелирование по квадратам — применяют на открытой местности со слабо выраженным рельефом. Необходимые для съемки рельефа и ситуации точки (А/1 — Е/6) располагают равномерно по всей площади в вершинах квадратов (рис. 134). Длина сторон квадратов I — XIX колеблется от 10 до 200 м в зависимости от рельефа местности, высоты сечения рельефа, масштаба и назначения съемки. Сетку квадратов строят теодолитом и лентой по

принципу перехода от общего к частному. Сначала разбивают основные квадраты со сторонами 100 или 200 м, а затем заполняющие со сторонами 10 или 20 м. Каждую вершину закрепляют кольцом и обозначают вдоль направления, принятого за начальное, цифрами, а в перпендикулярном к нему направлении — буквами. Кроме вершин квадратов закрепляют плюсовые точки, которыми являются характерные точки рельефа и точки перегибов скатов, находящиеся внутри квадратов и на их сторонах. Одновременно с разбивкой сетки квадратов в нужных местах устанавливают временные или постоянные реперы, ведут съемку контуров местности, которые привязывают к сторонам квадратов.

Перед началом работ на бумаге вычерчивают схему разбивки сетки квадратов и плюсовых точек, на которой намечают последовательность обхода квадратов, указывают станции и отсчеты по рейкам, получаемые в процессе нивелирования.

При размерах сторон 100—200 м нивелируют каждый квадрат, при меньшем размере сторон с одной станции — несколько квадратов.

При нивелировании квадратов контроль на станции выполняется по связующим точкам, которыми являются вершины двух смежных квадратов, например $A/2, B/2$ (рис. 134). Разность отсчетов на эти вершины с одной станции должна быть равна разности отсчетов на эти же вершины с другой станции: $b_I - a_I = b_{II} - a_{II}$ или $a_I + b_{II} = a_{II} + b_I$, т. е. суммы накрест лежащих отсчетов на связующие точки должны быть равны. Допустимые расхождения этих сумм 5 мм.

После окончания нивелирования вычисляют превышения по сторонам квадратов, увязывают их по внешнему контуру (периметру) основного прямоугольника, а также по створам, опирающимся на внешний контур основного прямоугольника.

При нивелировании со станций группы квадратов каждые две смежные станции должны иметь общие связующие точки. Отметки вершин заполняющих квадратов вычисляют через горизонт инструмента. По результатам нивелирования составляют топографический план участка.

Нивелирование способом полигонов — применяют на открытой местности с ярко выраженным рельефом. Плановая опора съемки — теодолитные ходы, прокладываемые по внешней границе участка и внутри его по характерным линиям рельефа местности (рис. 135). Одновременно с проложением теодолитных ходов разбивают пикетаж и производят съемку ситуации. Высотной основой являются нивелирные ходы, прокладываемые по точкам пикетажа. После вычислительной обработки полевых материалов составляют топографический план местности.

Рекомендации по вычерчиванию рельефа. Для рисовки рельефа по отметкам снятых точек на плане проводят пунктирные линии скелета рельефа. Такими линиями являются линии водораздела и водослива (рис. 135), подошвы возвышенностей, бровки оврагов и линии перегибов местности. Линии скелета помогают правильно вычертить рельеф, так как именно по этим линиям горизонтали делают изгибы или меняют свою густоту.

Положение горизонталей на плане отыскивают методом интерполирования между соседними точками по линиям скатов, на которых находят и отмечают точки, лежащие на отметках, кратных принятой высоте $h=1$ сечения рельефа. Эту работу выполняют на глаз или с помощью палетки (пропорциональной шкалы), вычерченной на листе прозрачной бумаги. Наметив положение горизонталей по линиям ската, точки с одноименными отметками соединяют плавными линиями—горизонталями.

При проведении горизонталей руководствуются следующими правилами: 1) рисовку возвышенностей начинают с их подошвы; 2) при вычерчивании горизонталей по ложинам, если на дне ложины есть промоина, одноименные горизонтали соединяют под острым углом, вершина которого располагается на промоине; 3) в корытообразных ложинах горизонтали идут в виде прямых, перпендикулярных тальвегу, или в виде дуг, обращенных выпуклостью вверх; 4) на верховых скатах и водоразделах горизонтали принимают более округлую форму и вычерчиваются в последнюю очередь; 5) в местах со слабо выраженным рельефом проводят дополнительные горизонтали через половину высоты сечения.

После вычерчивания горизонталей с плана убирают скелет рельефа. Для удобства чтения плана часть горизонталей подписывают, а в характерных местах ставят берг-штрихи, направленные в сторону понижения склона. Отметки горизонталей подписывают так, чтобы верх цифры был обращен к вершине склона.

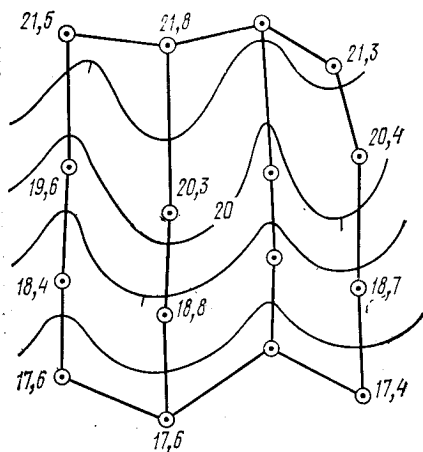


Рис. 135. Схема нивелирования способом полигонов

СЪЕМКИ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ НАЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ — инженерно-топографические съемки строящихся или законченных объектов для выявления отклонений от проекта, определения фактического планового и высотного положения построенных объектов. Исполнительные съемки выполняют по завершению каждого этапа строительства, после подготовки котлована, сооружения фундамента, установки колонн и т. д. Производитель работ по данным С.и., руководствуясь допусками на производство данного вида работ, принимает решение об устранении замеченных отклонений либо о переходе к следующему этапу строительства. Конечный результат С.и.—исполнительный чертеж объекта и исполнительный генеральный план всего сооружения. С.и. выполняют теми же методами, что и топографические съемки периода изысканий, но с большей точностью. В отдельных случаях составляют схемы, на которых цифрами указывают результаты съемки.

Геодезической основой С.и. являются: внутри зданий и цехов — оси фундаментов и рабочие реперы; на строительной площадке — пункты геодезического обоснования, с которых производилась разбивка.

На исполнительный генеральный план наносят координаты и от-

метки точек здания, номера геодезических пунктов, колодцы, коммуникации до ввода их в здания.

Современные промышленные сооружения имеют сложные сети коммуникаций, поэтому для облегчения работы с чертежами составляют специализированные исполнительные генпланы вертикальной планировки, канализации, водопровода, теплосетей, технологических трубопроводов, кабелей, воздушных сетей. На эти планы наносят основные элементы ситуации, геодезические пункты, координаты углов поворота сетей, колодцы, расстояния, диаметры труб, глубину заложения и т. д.

СЪЕМКИ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ И КОММУНИКАЦИЙ — вид геодезических съемочных работ, выполняемый для составления планов и профилей подземных коммуникаций.

С.и. в процессе строительства — выполняют до засыпки траншей и служат для составления исполнительных чертежей. Съемке подлежат: колодцы, камеры, сифоны, углы поворота прокладок подземных сетей; начала, середины и концы кривых с установлением их радиусов; места присоединения и выпусков подземных коммуникаций; точки перелома профиля, створные точки на прямых. Ее ведут с линий теодолитного хода, прокладываемого для съемки проездов, а также от опорных зданий и сооружений способами прямоугольных координат, полярных координат, линейных засечек. Не разрешается вести съемку подземных сетей от временных сооружений. При съемке колодцев, камер и общих коллекторов обмеряют внутренние и внешние габариты этих сооружений, их конструктивные элементы, расположение труб и фасонных частей с привязкой к отвесной линии, проходящей через центр люка колодца, и к направлениям на смежные колодцы. Если имеются чертежи на колодцы и камеры с разрезами по основным сечениям, то обмеры не производят. Результаты съемки заносят в абрис или чертёж.

Нивелирование подземных сетей производят техническим нивелированием от реперов государственной геодезической сети. При нивелировании определяют отметки люка колодца, дна, лотков канализационных труб, верха газовых, водопроводных и других труб в колодцах, а в безколодезных прокладках — углы поворота, точки излома профиля, створные точки на прямолинейном участке, а также отметки земли по предварительно разбитому пикетажу по трассе уложенных труб.

С. исполнительные существующих подземных сетей — выполняют после засыпки траншей. Необходимость съемки определяется отсутствием исполнительных чертежей или сомнением в их правильности, а также с целью инвентаризации или реконструкции подземных прокладок.

При съемке подземных прокладок, не имеющих выходов на земную поверхность, применяют трассоискатели* или производят вскрытие шурфами подземных сетей и сооружений. Шурфы закла-

дывают только в крайних случаях, когда невозможно определить местоположение подземных сетей другими способами. После этого выполняют съемку и нивелировку подземных сетей.

СЪЕМКИ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ — съемки фактического положения оборудования, выполняемые по окончании монтажа по этапам: сооружение фундамента, установка станков, автоматических линий, подводка коммуникаций (кабелей, трубопроводов).

При С.и.т.о. получают данные о соосности, прямолинейности и плоскостности элементов оборудования. Для получения данных о соосности используют струны, отвесы, штихмассы, контрольные линейки, поверочные плиты, шупы; для выявления отклонений от горизонтальной поверхности — специальные уровни и нивелиры.

СЪЕМКА СИТУАЦИИ — геодезические измерения на местности для последующего нанесения на план ситуации (контуров и предметов местности). При составлении планов крупного масштаба съемки ситуации и рельефа выполняют раздельно. Если производят съемку только контуров местности, ее называют *ситуационной* или *горизонтальной*. С.с. выполняют с помощью теодолита, мерной ленты или дальномеров, эклиметра, эккера, рулетки, буссоли. Перед съемкой создают съемочную геодезическую сеть, которую строят, как правило, в виде системы теодолитных ходов: основного хода, прокладываемого вдоль границы снимаемого участка, и диагональных ходов внутри участка. С точек съемочной геодезической сети производят съемку ситуации полярным способом, способами засечек, перпендикуляров, створов. Результаты измерений заносят в абрис, по которому в камеральных условиях составляют план ситуации.

Полярный способ (способ полярных координат) — состоит в том, что одну из станций теодолитного хода (точка B) принимают за полюс (рис. 136, a), а положение точек контуров ситуации $1, 2, 3...$ определяют направлением на точку от линии BA полярными углами $\beta_1—\beta_3$ и расстоянием d от полюса до этой точки. Полярный угол измеряют теодолитом, а расстояние — дальномером или мерной лентой.

Способ засечек (способ биполярных координат) — съемка ситуации, при которой положение объектов местности определяют относительно пунктов съемочного обоснования путем измерения углов $\beta_1—\beta_3$ (рис. 136, b), — угловая засечка, или расстояний $l_1—l_3$ — линейной засечка (рис. 136, $в$). Угловую засечку применяют для съемки удаленных или труднодоступных объектов; линейную — для съемки объектов, расположенных вблизи пунктов съемочного обоснования. Для контроля засечку производят, как правило, с трех пунктов съемочного обоснования. Засечку можно производить и с точек створа (на рис. 136, $в$ точка I расположена в створе линии BC на расстоянии d_1 от точки B). Необходимо, чтобы углы $\varphi_1—\varphi_2$, которые получаются между направлениями при засечке, были бы не менее 30° и не более 150° .

Способ перпендикуляров (способ прямоугольных координат) — применяют обычно при съемке вытянутых в длину контуров, расположенных вдоль и вблизи линий теодолитных ходов, проложенных по границе или внутри снимаемого участка. Из характерных точек 1—4 контура (рис. 136, *г*) при помощи эккера опускают на линию хода *BC* перпендикуляры, длины которых *y* измеряют рулеткой. Расстояния *x* от начала линии хода до основания перпендикуляров отсчитывают по ленте.

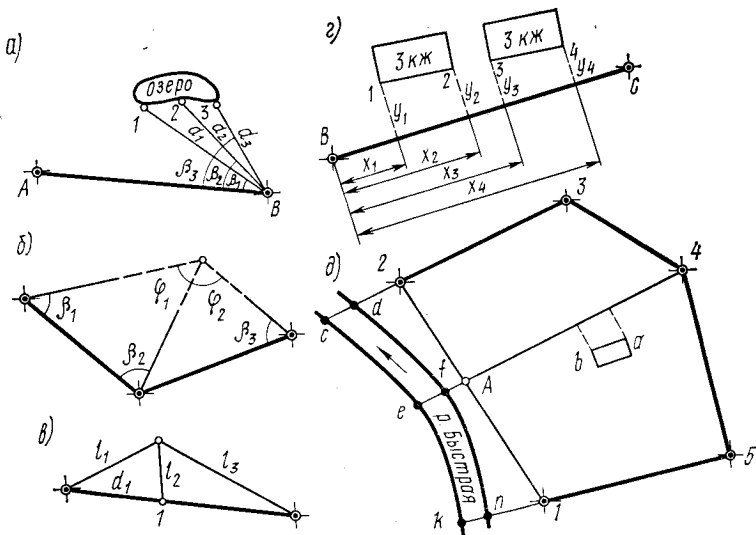


Рис. 136. Способы съемки:

a — полярный, *б* и *в* — угловыми и линейными засечками; *г* — перпендикуляров; *д* — створов

Способ створов (промеров с вехи на веху — один из способов съемки ситуации. С.с. применяют при съемке точек, расположенных в створе сторон теодолитного хода, либо в створе линий, опирающихся на стороны теодолитного хода. При наличии видимости между крайними точками створа измеряют линию, относительно которой производят съемку ситуации. Этим способом на рис. 136, *д* определено положение точек *c, d, e, f, k, n*. Для определения положения точки *A* створа 4—*A* измеряют расстояние *1 A* и для контроля *A2*. Положение точек *a, b* определяют методом перпендикуляров от створа 4—*A*.

СЪЕМКИ ТОПОГРАФИЧЕСКИЕ — полевые и камеральные работы с целью составления планов и карт земной поверхности. Для выполнения С.т. создают съемочное обоснование: высотное и плановое. Обычно точки высотного обоснования совмещают с точками планового обоснования. С.т. подразделяют на следующие виды: аэрофототопографическую (стереотопографическую и комбинированную), мензульную, тахеометрическую, фототеодолитную.

С. аэрофототопографическая — процесс получения фотографического изображения местности с летательного аппарата. В результате аэрофотосъемки получают снимки местности, расположенные в определенном порядке. Ряд снимков, полученных при полете в одном направлении, называют *маршрутом*. В маршруте каждый последующий снимок перекрывает предыдущий на 60%. Это перекрытие называют *продольным*. Маршруты прокладываются так, чтобы снимки соседних маршрутов перекрывались на 30%. Это перекрытие называется *поперечным*. Продольное перекрытие двух

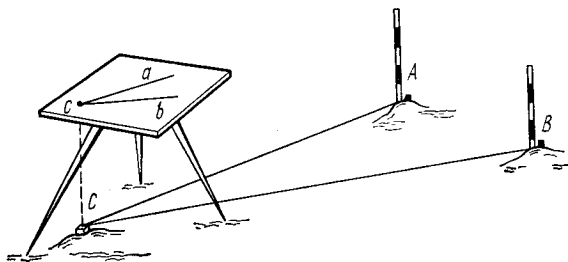


Рис. 137. Сущность мензульной съемки

соседних снимков необходимо для наблюдения стереоскопического изображения местности (стереоскопической модели местности) на специальных приборах, позволяющих производить по снимкам измерения, необходимые для составления карты.

По способу съемки аэрофотосъемку рельефа разделяют на стереотопографическую и комбинированную. Стереотопографическая съемка основана на наблюдении двух соседних аэроснимков (полученных с разных точек фотографирования), образующих стереопару. Снимки закладывают в фотограмметрический прибор. Наблюдатель видит пространственную геометрическую модель местности (стереомодель) и может с помощью специальной марки, которая видна в поле зрения прибора, визировать на любую точку, определять ее плановые и высотные координаты и составлять карту.

Комбинированная съемка — сочетание обработки аэроснимков на фотограмметрических приборах с мензульной съемкой. Аэрофотоснимки трансформируют на фототрансформаторах и получают фотоплан. Затем с фотопланом (его копией) выходят в поле и методами мензульной съемки наносят на него рельеф. Комбинированную съемку применяют в ограниченном объеме для составления карт в равнинных районах со слабовыраженным рельефом.

С. мензульная — выполняется при помощи мензулы и кипрегеля, при этом топографический план получают непосредственно в поле. В процессе С.м. углы не измеряют, а строят на планшете с помощью кипрегеля. На рис. 137 точка *c* планшета сцентрирована над точкой *C* местности. При визировании кипрегеля на точку *A* по его линейке прочерчивают направление *ca*, а при визировании на точку *B* — направление *cb* и, таким образом, строят угол

асв. Положение съемочных точек определяют полярным способом относительно пунктов съемочного обоснования, а расстояние до точек местности — по нитяному дальномеру. При нанесении съемочных точек на план используют поперечный масштаб и циркуль-измеритель. Горизонтальные проложения откладывают с помощью циркуля-измерителя в масштабе съемки вдоль линейки кипрегеля. Отметки точек определяют из тригонометрического нивелирования.

Перед началом съемки, в зависимости от условий, создается съемочное обоснование либо в виде теодолитных и нивелирных ходов, тахеометрических ходов, либо путем графических построений на планшете: прямыми и обратными засечками точек местности. Такие точки образуют геометрическую сеть. Отметки точек геометрической сетки определяют тригонометрическим нивелированием.

С. тахеометрическая — съемка ситуации и рельефа местности при помощи тахеометра. При *С.т.* плановое положение точек определяют полярным способом относительно пунктов съемочного обоснования, расстояния измеряют по рейке с помощью нитяного дальномера, а горизонтальные углы — тахеометром. Отметки точек определяют тригонометрическим нивелированием.

Съемочное обоснование создается в виде теодолитных и нивелирных ходов, а в отдельных случаях — в виде тахеометрических ходов (когда расстояния между станциями определяют нитяным дальномером, а превышения — тригонометрическим нивелированием).

Если для *С.т.* применяют номограммные тахеометры, то с помощью специальных номограмм по рейке сразу получают горизонтальное проложение и превышение. Данные съемки заносят в журнал тахеометрической съемки. На каждой станции ведут абрис. По записям журнала *С.т.* в камеральных условиях составляют план участка местности с изображениями предметов, контуров и рельефа местности.

С. фототеодолитная — наземная стереоскопическая съемка, которую выполняют фототеодолитами, представляющими собой сочетание теодолита с фотокамерой. Для получения стереопары фотографирование производят с двух станций, расстояние между которыми B (базис фотографирования) нужно измерить. Положение оптической оси фотокамер в точках съемки может быть различным по отношению к базису фотографирования. Чаще всего оси располагают под углом 90° к базису (при нормальном случае съемки); иногда их отклоняют от нормали вправо или влево на угол до 30° . В полосу съемки попадают точки местности, расположенные от базиса на расстояниях $(4-20)B$. В поле производят измерения, необходимые для определения координат исходных станций и трех контрольных точек местности на стереопару. При этом одна контрольная точка должна располагаться на ближнем плане, а две другие — на дальнем. Координаты точки A местности (рис. 138) для нормального случая съемки определяют по формулам

$$X_A = (B/p) x_s; \quad y_A = (B/p) f_k; \quad Z_A = (B/p) z_s,$$

где $p = x_{л} - x_{п}$ — горизонтальный параллакс точки; $x_{л}, z_{л}, x_{п}, z_{п}$ — координаты изображения точки A на левом и правом снимках, $f_{к}$ — фокусное расстояние фотокамеры.

Снимки обрабатывают на стереофотограмметрических приборах, например на стереоавтографе. С.ф. применяют для создания топографических планов в горных районах при геологических обследованиях, дорожных и гидротехнических изысканиях. Методы С.ф. применяют и для наблюдения за деформациями сооружений, в реставрационных и архитектурных работах.

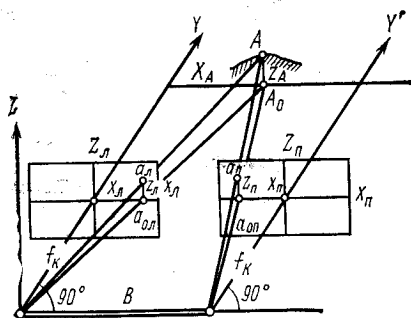


Рис. 138. Схема фототеодолитной съемки (нормальный случай)

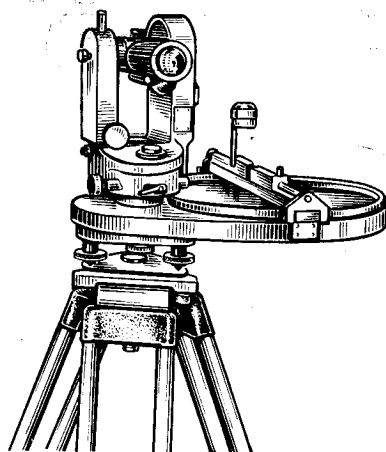


Рис. 139. Тахеометр Dählta со столиком Karti

ТАХЕОГРАФ — тахеометр, снабженный устройством, позволяющим непосредственно в процессе топографической съемки графически отображать ее результаты. Примером Т. может служить тахеометр Dählta, снабженный столиком для картирования — Karti (рис. 139). На столике, выполненном в виде диска, закрепляют лист прозрачного материала, на который наносят результаты съемки на станции. Для нанесения точек используют линейку, диаметрально расположенную на диске. Линейка автоматически устанавливается параллельно коллимационной плоскости трубы. На линейке имеется масштабная шкала делений, подпись которых возрастает от центра диска.

Планы, составленные на отдельных станциях, монтируют в общий план, используя для этого планшет, на который по координатам нанесены станции.

Преимущества тахеографа по сравнению с тахеометром — отпадает необходимость ведения абриса.

ТАХЕОМЕТР (от греч. tachys — быстрый, metro — мерю) — геодезический прибор, предназначенный для измерения горизонтальных и вертикальных углов, длин линий и превышений. Т. — это теодолит с дальномером и вертикальным кругом. С помощью горизонтального круга и дальномера полярным способом определяют

плановое положение точки, а с помощью вертикального круга (тригонометрическим нивелированием) — превышение. Тахеометры различают в зависимости от типа дальномера и способа определения превышения.

Повторительный теодолит — имеет вертикальный круг и нитяной дальномер; комплектуется шашечными дальномерными рейками.

Т. редуционный — теодолит с редуционным дальномером, т. е. дальномером, позволяющим измерять горизонтальные проложения из отсчетов по рейке без промежуточных вычислений. Примером Т.р. является тахеометр Redta 002, выпускаемый в ГДР (рис. 140), — оптический повторительный теодолит с дальномером двойного изображения и горизонтальной рейкой. Редуцирование расстояния в нем осуществляется с помощью двух оптических клиньев, связанных зубчатой передачей с уровнем вертикального круга. При наведении трубы на рейку в поле зрения возникают два ее изображения, смещенные одно относительно другого; нулевой пункт одного изображения используют как индекс для отсчета по другой половине изображения. Горизонтальное проложение измеряемого расстояния получают после умножения отсчета по рейке на 100. На вертикальном круге инструмента, кроме углов наклона, нанесена шкала тангенсов угла наклона. По измеренному по рейке горизонтальному проложению и отсчитанному тангенсу угла наклона определяют превышение $h = d \operatorname{tg} \nu$.

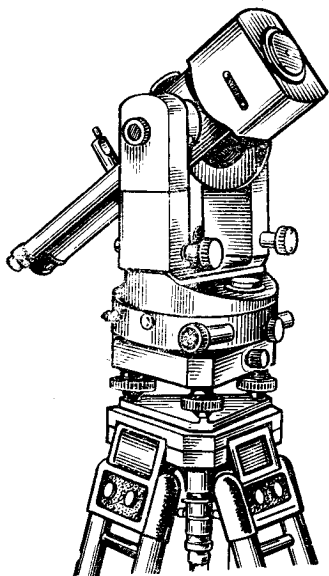


Рис. 140. Тахеометр Redta 002

Т. внутрибазный — редуционный тахеометр с оптическим дальномером с постоянным параллактическим углом и переменным базисом в точке наблюдения. Например, Т. внутрибазный BRT 006 имеет стеклянные лимбы, ломаную зрительную трубу прямого двойного изображения, редуцирующий линзовый компенсатор перед объективом трубы. Одно изображение создается неподвижной пентапризмой 3 (рис. 141), второе — с помощью пентапризмы 4, перемещаемой по базисной линейке 5. Неподвижная пентапризма отклоняет лучи на постоянный угол $90^\circ + \gamma$, а подвижная — на 90° . Образуется параллактический треугольник с постоянным углом γ в точке наблюдения и переменным базисом. Визируя на предмет через окуляр 1, перемещая пентапризму, совмещают изображения, отсчитывают на линейке отсчет b и, умножив его на коэффициент дальномера k , получают горизонтальное проложение. Редуцирова-

ние производится автоматическим ланзовым компенсатором 2. Расстояния 2—60 м можно измерять без рейки. На расстояниях 60—180 м применяют небольшую горизонтальную рейку. Преимущества Т.в.— возможность измерения расстояний без установки рейки, что особенно удобно при съемках на застроенных территориях.

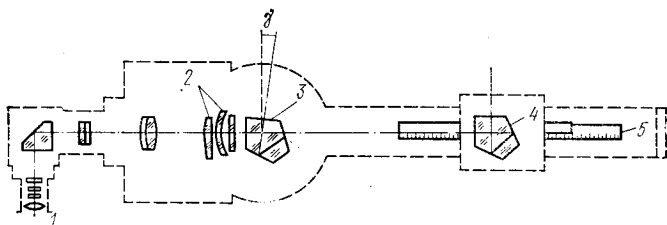


Рис. 141. Схема тахеометра внутриобъёмного

Т. номограммный — теодолит, в поле зрения трубы которого видны номограммы, позволяющие определять горизонтальные проложения и превышения из отсчетов по рейке без промежуточных вычислений. Т.н. Dahlta (ГДР) представляет собой оптический повторительный теодолит, снабженный номограммой, видимой в поле зрения трубы. Номограмма имеет кривые: начальную, горизонтальных проложений и превышений (высотные штрихи). По этим кривым, совмещая начальную кривую с нулевым штрихом рейки, берут отсчеты по рейке и получают горизонтальное проложение и превышение. На рис. 142 показано поле зрения трубы тахеометра Dahlta 020; отсчеты: горизонтальное проложение $0,348 \cdot 100 = 34,8$ м, превышение $0,558 \cdot (-10) = -5,58$ м.

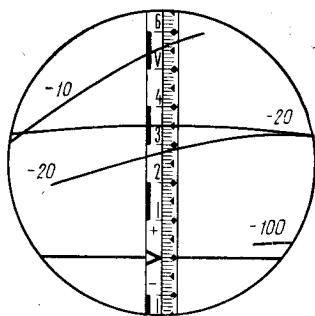


Рис. 142. Поле зрения тахеометра номограммного:
—10, —20, —100 — коэффициенты кривых превышений, видимых в поле зрения трубы

Т. электрооптический — новый тип электронно-оптического прибора, предназначенный для одновременного измерения углов и расстояний. Прибор объединяет в себе оптический теодолит и светодальномер. На рис. 143, а показан Т. электрооптический SM 11 (ФРГ). В этом приборе зрительная труба теодолита и приемо-передающие оптические системы дальномера объединены и служат как для измерения расстояний, так и для измерения углов. Дальность действия таких Т.э. порядка 2 км, в качестве источника света применяют светодиод из арсенида галлия. Время измерения расстояния 5 с, отсчет цифровой. Средняя квадратическая погрешность измерения расстояний порядка ± 1 см; горизонтальных углов $3''$, вертикальных $5''$.

На рис. 143, б показан Т. электрооптический Reg Elta 14 (ФРГ). В приборе объединены кодовый теодолит и светодальномер, что позволяет вести автоматическую запись результатов измерения на перфоленте или в другом виде, удобном для ввода в ЭВМ и последующей обработки.

Наличие в Т.э. устройств, редуцирующих наклонное расстояние на горизонтальную плоскость с выдачей горизонтального проложения на цифровом табло, позволяет использовать их для откладывания на местности проектных расстояний, т. е. быстро и удобно осуществлять геодезическую разбивку.

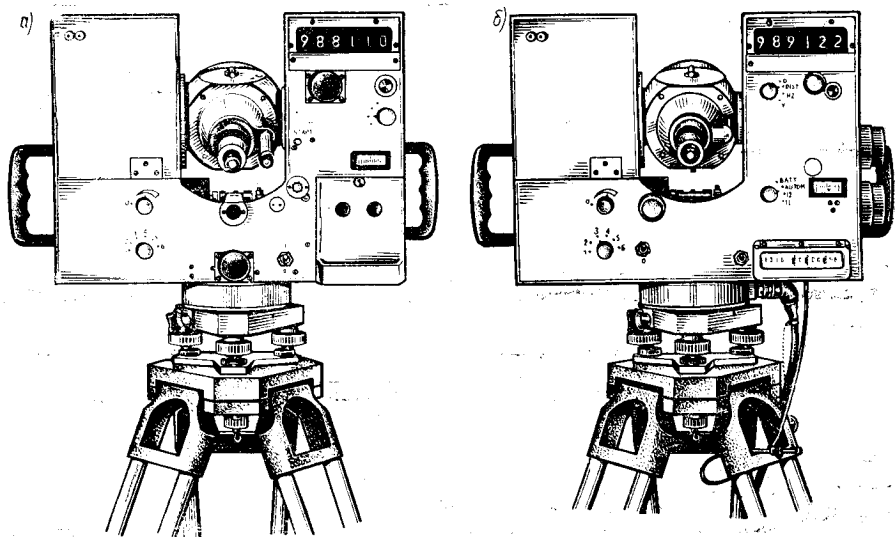


Рис. 143. Тахеометры электрооптические SM 11 (а) и Reg Elta 14 (б)

Технические характеристики современных тахеометров приведены в табл. 17.

Таблица 17

Тип тахеометра (страна)	Цена деления лимбов*	Точность отсчитывания*	Средняя квадратическая погрешность измерения на 100 м		Масса, кг	
			горизонтально- го проложения	превышения, м	инстру- мента	фуля- ра
ТД (СССР)	1°/10'	6"/6"	1:2000	0,05—0,10	6,5	3,0
Dahlta 020 (ГДР)	1°/15'	1'/1"	1:600	0,02—0,20	4,4	4,7
Dahlta 010 (ГДР)	1°/15'	1'/1"	1:1000	0,02—0,20	4,7	3,1
Redta 002 (ГДР)	1°/15'	1'/1"	1:3000— 1:5000	0,05—0,10	6,5	6,2

* Увеличение зрительной трубы 25х.

ТАХЕОМЕТРИЧЕСКИЙ ХОД — построенная на местности замкнутая или разомкнутая ломаная линия, опирающаяся на пункты опорной геодезической сети, в которой измеряют все стороны, горизонтальные углы между ними, а также вертикальные углы с каждой точки хода на смежные с ней точки. Горизонтальные углы и углы наклона в тахеометрическом ходе измеряют тахеометром в один прием, длины сторон — нитяным дальномером в прямом и обратном направлениях. Длина хода, длина линий и их число в ходе ограничиваются в зависимости от масштаба съемки. Значение допустимых угловой, линейной и высотных невязок в Т.х. определяют по следующим формулам:

$$f_{\beta} = \pm 1' \sqrt{n},$$

где n — число углов в ходе;

$$f_s = S/(400 \sqrt{n}); \quad f_h = \pm 0,04 S/\sqrt{n},$$

где S — длина хода, м; n — число линий в ходе.

ТЕОДОЛИТ — геодезический прибор, предназначенный для измерения горизонтальных и вертикальных углов или зенитных расстояний. Принципиальная схема Т. представлена на рис. 144. Основная часть Т. — горизонтальный круг, состоящий из лимба 6 и алидады 5. Лимб — металлический или стеклянный круг, по скошенному краю которого нанесены через определенный интервал деления от 0 до 360°. При измерении лимб устанавливают на отвесной линии, проходящей через вершину измеряемого угла. Горизонтальной плоскостью, на которую ортогонально проектируются стороны измеряемого угла, является плоскость лимба. В полую ось лимба входит своей осью вращающаяся над ним алидада 5; центры лимба и алидады должны совпадать. На кожухе алидады укреплены уровень 4 и подставки 3 зрительной трубы 1; на алидаде также установлены отсчетные приспособления. При вращении зрительной трубы вокруг горизонтальной оси 2 визирная ось трубы должна описывать проектирующую коллимационную плоскость.

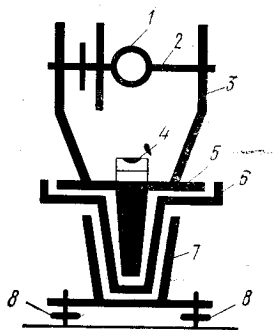


Рис. 144. Принципиальная схема теодолита

Оси лимба и алидады входят в подставку 7, которая имеет три подъемных винта 8 для установки Т. в рабочее положение (третий винт на рисунке не показан). Основную ось Т. — ось вращения алидады — устанавливают в отвесное положение по уровню 4. На одном из концов оси вращения трубы устанавливается вертикальный круг, также состоящий из лимба и алидады (на рисунке не показан). Вращающиеся части Т. снабжены закрепительными приспособлениями, а для медленного и плавного перемещения этих частей

имеются наводящие приспособления (винты). Т. крепится к головке штатива с помощью станового винта 8. В комплект Т. входят буссоль и отвес. По назначению и устройству различают несколько видов Т.

Т. астрономический — снабжается ломаной зрительной трубой, необходимой для визирования под большими углами наклона микроскопом-микрометром для снятия отсчетов по кругам (АУ-2/10, АУ-5 и др.), накладным и талькоттовским уровнями, дополнительной поверительной трубой и специальными приспособлениями для регулировки положения вертикальной оси. Зрительная труба имеет окулярный микрометр* и сетку нитей, приспособленную для наблюдений прохождений звезд.

Т. кодовый — содержит преобразователь типа «угол — код» для автоматической регистрации отсчетов по лимбу.

Изображения диаметрально противоположных участков лимба оптически сводятся вместе и фотографируются на пленку с соответствующими символами закодированной оцифровки шкалы лимба. На этой же пленке регистрируются «кодовые числа», устанавливаемые наблюдателем и обозначающие номера хода, точек стояния и визирования и т. п. Экспонированную пленку передают для проявления и дешифрования в вычислительный центр, где ее подвергают обработке.

Т.к. перед съемкой в поле заряжают кассетой с пленкой и набирают «кодовые числа». После наведения зрительной трубы на визируемую точку нажимают кнопку регистрирующего устройства, чтобы сфотографировать отсчеты и перемотать пленку для съемки следующего кадра.

Существует и электронно-оптический метод взятия отсчетов. Основная деталь таких Т.к. — диск с отверстиями, превращающий угловые перемещения верхней части прибора в последовательные серии световых импульсов. Эти импульсы преобразуются в электрические сигналы, а те, в свою очередь, на присоединенном к инструменту датчике — в отсчет, который можно непосредственно прочесть. По показаниям датчика значение измеренного угла можно отпечатать на перфоленте и передать результаты в вычислительный центр для обработки.

Т. оптический — геодезический прибор, предназначенный для измерения горизонтальных и вертикальных углов или направлений. Особенностью Т.о. является то, что горизонтальный и вертикальный круги сделаны из особых марок стекла. Отсчетные устройства Т.о. выполнены в виде оптических микрометров, шкаловых или штриховых микроскопов.

В СССР сейчас выпускают только оптические теодолиты типов Т05, Т1, Т2, Т5, Т15, Т30 (ГОСТ 10 529—70). Цифра соответствует средней квадратической погрешности (в угловых секундах) измерения угла одним приемом.

На геодезических работах для строительства применяют теодолиты типа Т2 при высокоточных разбивочных работах и типов Т5, Т30 при обычной точности разбивочных работ.

Таблица 18

Тип теодолита	Зрительная труба		Цена деления угломерных кругов		Отсчетные приспособления	
	увеличение, крат	поле зрения	горизонтального	вертикального	тип	цена деления
T1	30—40	1°	10'	—	Микроскоп-микрометр	1"
T2(ТБ1)	25	1°30'	20'	20'	Оптический микрометр	1"
T15	25	1°30'	1°	7°	Шкаловый микроскоп	1'
T5	27	1°30'	1°	1°	Шкаловый микрометр	1'
T30	20	2°	10'	10'	Штриховой микроскоп	—

ТЕОДОЛИТНО-НИВЕЛИРНЫЙ ХОД — один из способов создания планово-высотного обоснования топографических съемок крупного масштаба или выполнения инженерно-геодезических работ на строительной площадке.

В теодолитно-нивелирных ходах углы поворота измеряют теодолитом с точностью 0,5—1', а стороны — лентами, рулетками или дальномерами. Измерения углов и расстояний выполняют в том же порядке, что и при проложении теодолитных ходов. Превышения между вершинами хода определяют по результатам геометрического нивелирования.

В результате камеральной обработки точки теодолитно-нивелирного хода получают координаты x и y и отметки H .

ТЕОДОЛИТНЫЙ ХОД — способ определения координат пунктов съемочного обоснования путем проложения на местности ломаной линии — теодолитного хода. По форме Т.х. может быть замкнутым, разомкнутым или представлять собой систему ходов с узловыми точками (см. рис. 103). Для проложения Т.х. на местности намечают и закрепляют геодезическими знаками вершины углов поворота. После этого теодолитом измеряют углы, а стороны — мерными лентами, рулетками или дальномерами.

Координаты пунктов Т.х., проложенного между исходными пунктами B и C (см. рис. 136), вычисляют по следующей схеме:

1) определяют угловую невязку хода по формуле $f_{\beta} = \Sigma_{\beta \text{ пр}} - \Sigma_{\beta \text{ теор}}$, где $\Sigma_{\beta \text{ пр}}$ — сумма измеренных углов; $\Sigma_{\beta \text{ теор}}$ — теоретическая сумма углов;

2) сравнивают полученную угловую невязку с допустимой, вычисленной по формуле

$$f_{\beta \text{ доп}} = \pm 1' \sqrt{n},$$

где n — число углов хода. Если угловая невязка не превышает допустимую, то ее распределяют поровну на все углы;

3) вычисляют:

дирекционные углы сторон Т. х.: для правых по ходу углов $\alpha_n = \alpha_{n-1} \pm 180^\circ - \beta_{\text{испр}}$, для левых по ходу углов $\alpha_n = \alpha_{n-1} + \beta_{\text{испр}} \pm 180^\circ$;

приращения координат: $\Delta x = d \cos \alpha$; $\Delta y = d \sin \alpha$, где d — горизонтальное проложение стороны Т. х.; α — дирекционный угол;

невязки по осям координат и линейную: $f_x = \Sigma \Delta x_{\text{пр}} - \Sigma \Delta x_{\text{теор}}$; $f_y = \Sigma \Delta y_{\text{пр}} - \Sigma \Delta y_{\text{теор}}$, $f_s = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}$. Здесь $\Sigma \Delta x_{\text{пр}}$ и $\Sigma \Delta x_{\text{теор}}$ — суммы приращений по осям соответственно практическая и теоретическая. Затем находят относительную невязку $f_s / \Sigma d$ и при допустимом значении линейной невязки распределяют невязки по осям координат пропорционально длинам сторон.

Координаты пунктов Т. х.:

$$x_n = x_{n-1} + \Delta x_{\text{испр}}; \quad y_n = y_{n-1} + \Delta y_{\text{испр}}$$

ТЕХНИЧЕСКИЙ ДОПУСК — интервал, в пределах которого допускается отклонение того или иного параметра от его расчетного значения. Т. д. определяет точность, с которой выполняется производственный процесс. Для геодезических измерений Т. д. устанавливается инструкциями по соответствующим видам работ. В них указываются средние квадратические или предельные погрешности измерений углов, расстояний и превышений.

Т. д. при разбивке сооружений и — это допускаемые без ущерба для качества работ погрешности в отношении местоположения, взаимного расположения зданий и сооружений, их формы, размеров, прочности, положения по высоте и т. д. Они определяются нормативным документом «Строительные нормы и правила» (СНиП), в котором приведены допуски на изготовление строительных элементов, их монтаж и геодезические разбивочные работы, на детальное построение разбивочных осей сборных зданий и сооружений в зависимости от расстояния между осями и классов точности (табл. 19).

Т. д. при съемке рельефа — предельная погрешность — удвоенное значение средней квадратической погрешности изображения рельефа относительно ближайших точек геодезического обоснования. Ошибок, близких к предельным, не должно быть больше 10% от общего числа контрольных измерений. Согласно «Инструкции по топографической съемке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:5000» средняя квадратическая погрешность при съемке рельефа установлена:

$1/4$ высоты сечения рельефа при углах наклона до 2° для планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500;

$1/3$ высоты сечения рельефа при углах наклона: $2-6^\circ$ — для планов масштабов 1:5000, 1:2000; до 10° — для планов масштаба 1:1000, 1:500;

$1/3$ высоты сечения рельефа при сечении рельефа через 0,5 м для планов масштабов 1:5000, 1:2000.

Таблица 19

На лесных участках местности эти допуски увеличиваются в 1,5 раза. В районах с углами наклона свыше 6° для планов масштабов 1:5000 и 1:2000 и свыше 10° для планов масштабов 1:1000 и 1:500 число горизонталей должно соответствовать разности высот, определенных на перегибах скатов, а средние квадратические погрешности высот, определенных на характерных точках рельефа, — $1/3$ принятой высоты сечения рельефа.

Т.д. при съемке ситуации — предельная погрешность — удвоенное значение средней квадратической погрешности в положении на плане предметов и контуров местности с четкими очертаниями относительно ближайших точек съемочного обоснования. Согласно требованиям «Инструкции по топографической съемке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500» погрешностей, близких к предельным, не должно быть более 10% от общего числа контрольных измерений. Средняя квадратическая погрешность в положении на плане предметов и контуров местности с четкими очертаниями относительно точек съемочного обоснования не должна быть более: 0,5 мм на равнине, 0,7 мм в горных районах и 0,4 мм на территории с капитальной и многоэтажной застройкой при взаимном положении на плане точек лежащих важных контуров (зданий, капитальных сооружений).

ТОПОГРАФИЯ — научная дисциплина (раздел геодезии), занимающаяся изучением земной поверхности и отображением ее на планах и картах. Т. разрабатывает методы детальных съемок местности и способы изображения основных ее элементов (ситуации и рельефы) на планах и картах. При использовании в Т. фотографических методов съемки ее называют *фототопографией*.

ТОПОГРАФИЧЕСКИЙ ПЛАН — уменьшенное и подобное изображение горизонтальных проекций контуров и форм рельефа местности без учета сфероидичности Земли. Предметы и контуры изображаются условными знаками, рельеф — горизонталями. Если план составлен без изображения рельефа, то его называют *ситуационным* или *контурным*.

ТОРСИОН — тонкая металлическая лента, на которой подвешивают гирокамеру с гиромотором в гиротеодолите. Точность гиро-

Интервалы расстояний между осями соседних конструкций, мм	Допуски для классов точности, мм		
	1-р	2-ч	3-р
До 9 000	2	5	6
9 000—			
15 000	3	6	8
15 000—			
21 000	4	7	10
21 000—			
27 000	4	8	12
28 000—			
33 000	5	9	14
Свыше 33 000	$4\sqrt{n}$	$8\sqrt{n}$	$11\sqrt{n}$

Примечание. n — количество 20-метровых лент для рулеток, откладываемых на данной линии.

скопических приборов с торсионным подвесом зависит от качества торсиона. Необходимо, чтобы торсионная лента обладала малым крутящим моментом, малой остаточной деформацией и высокой механической прочностью.

ТОЧКА АНАЛИТИЧЕСКАЯ — пункт геодезической сети сгущения, положение которого определено методом триангуляции.

ТОЧКА АННАЛАТИЧЕСКАЯ — вершина параллактического угла в дальномерах оптических*.

ТОЧКА ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ — точка геометрической сети геодезического съёмочного обоснования.

ТОЧКА ЗАКЛАДНАЯ — точка, закрепленная в фундаменте здания, на монтажном горизонте или какой-либо конструкции, фиксирующая одну из осей возводимого сооружения.

ТОЧКА НУЛЕВЫХ РАБОТ — место пересечения проектной линии с поверхностью Земли. Положение Т.н.р. на местности можно определить путем вычисления расстояний до этой точки от ближайших пикетов или плюсовых точек по данным рабочим отметкам.

ТОЧКА ПЕРЕХОДНАЯ — дополнительная точка съёмочного обоснования, в которой устанавливают мензулу в случае, если по каким-либо причинам невозможно произвести съёмку участка только с точек съёмочного обоснования. Плановое положение Т.п. определяют одним из способов: полярным, прямой или обратной засечками или комбинацией этих способов. Отметку Т.п. определяют тригонометрическим нивелированием.

ТОЧКА РЕВЕРСИИ — точка, в которой меняется направление движения чувствительного элемента гиротеодолита. В процессе измерений гироскоп, подвешенный на торсионе, совершает колебания в горизонтальной плоскости относительно направления меридиана, крайние точки колебаний — точки реверсии. Наблюдая за движением гироскопа, берут отсчеты по горизонтальному кругу теодолита в точках реверсии (в четырех точках), а затем определяют отсчет, соответствующий направлению на север:

$$N_1 = [(n_1 + n_2)/2 + (n_2 + n_3)/2]/2; \quad N_2 = [(n_2 + n_3)/2 + (n_3 + n_4)/2]/2;$$
$$N_0 = (N_1 + N_2)/2,$$

где n_1, n_2, n_3, n_4 — отсчеты по горизонтальному кругу в точках реверсии.

ТОЧКА РЕЕЧНАЯ — точка местности, на которой устанавливают рейку (обычно в местах перегиба местности) так, чтобы обеспечить точность съёмки рельефа. Расстояние между речными точками на плане в среднем не должно быть больше 2 см. При съёмке

контура реечные точки располагают на всех поворотах. Детальность съемки контура определяется масштабом плана и важностью этого контура.

ТОЧКА УЗЛОВАЯ — точка, общая для трех или более полигонометрических, теодолитных и нивелирных ходов. При создании съемочного обоснования длина хода, опирающегося на пункты более высокого класса, ограничена. Применение Т.у. позволяет увеличить это расстояние при разреженном положении пунктов более высокого класса:

Предельная длина полигонометрического хода, км	IV класса	1 разряда	2 разряда
Отдельного (L')	10	5	3
Между исходной и узловой точками (L'')	7	3	2
Между узловыми точками (L''')	5	2	1,5

ТОЧКА ФИКСИРОВАННАЯ — место перехода трассы через сложные и трудные участки (например, через горные перевалы, крупные реки, озера); места примыкания трассы к существующим магистралям или опорным пунктам. При проектировании трассы в сложных геологических условиях Т.ф. отмечают места оползней, карстовых районов и других неблагоприятных в геологическом отношении мест.

ТРАССА — ось проектируемого линейного сооружения, обозначенная на местности или нанесенная на карте.

Основные документы Т.: план — ее проекция на горизонтальную плоскость; продольный профиль — вертикальный разрез местности по оси проектируемого сооружения.

ТРАССИРОВАНИЕ — вид инженерно-геодезических изысканий, направленный на определение наиболее благоприятного в техническом отношении и экономически эффективного варианта положения оси трассы. Применяют два способа трассирования:

камеральный — на предварительной стадии проектирования. В этом случае для выбора варианта положения оси трассы и ее параметров используют материалы аэрофотосъемки, карты и планы;

полевой — на стадии окончательного выбора варианта направления трассы непосредственно на местности.

В отдельных случаях на местах переходов через водные или другие препятствия, а также в местах примыкания трассы к опорным пунктам выполняют съемку крупного масштаба. В процессе трассирования подробно изучают природные условия вдоль выбранного варианта трассы, особенно на сложных переходах и пересечениях и в местах с неблагоприятными геологическими условиями. При необходимости в процессе Т. уточняют и исправляют положение оси трассы, закрепляя в натуре фиксированные точки.

Чаще всего способ полевого трассирования проводят по утверж-

денному варианту; при этом в натуре определяют положение углов поворота, измеряют стороны хода, разбивают пикетаж, нивелируют трассу и т. д.

Т. по азимутальным параметрам — можно выполнять для трасс трубопроводов, линий электропередач, связи и т. д. Главная задача в этом случае состоит в выборе наиболее короткой и экономически выгодной трассы. Отклонения трассы вызываются наличием на ее пути препятствий: населенных мест, оврагов, болот и т. д.

Проектирование осуществляют, придерживаясь следующих требований: 1) трассу намечают по прямой от одного до другого препятствия, а отклонения трассы от прямой и величина угла поворота должны быть обоснованны; 2) вершины углов поворота трассы располагают против середины препятствий так, чтобы трасса огибала это препятствие; 3) углы поворота, как правило, не превышают 30° , чтобы заметно не удлинять трассу.

Т. по высотным параметрам — применяют для горных районов, когда уклоны местности превышают допустимые значения уклонов трассы. Трассирование с предельным уклоном называется проектированием *напряженным ходом*. Чтобы выдержать предельные уклоны, приходится искусственно удлинять трассу, которая значительно отклоняется от прямой линии. Для ее удлинения проектируют петли, спирали, серпантины и т. п.

ТРАССОИСКАТЕЛИ — приборы для определения местоположения и глубины заложения без вскрытия грунта токопроводящих и кабельных прокладок. В настоящее время выпускают высокочувствительные активные трассоискатели типа ВТР-IV, ВТР-IVМ, ВТР-V, ИПК-2 и т. д., основанные на индуктивном методе, заключающемся в улавливании магнитного поля, создаваемого вокруг трубопровода или кабеля низкой частоты. Генератор низкой частоты Т. перед началом поиска заземляется и подсоединяется к трубопроводу при помощи соединительных проводов (рис. 145, а). После подачи электроэнергии в проводник создается искусственное электромагнитное поле. Роль проводника играет металлический трубопровод или защитная свинцовая оболочка кабеля, а в керамических трубах — жидкость. Силовые линии магнитного поля, образующиеся вокруг трубопровода или кабеля, имеют вид концентрических окружностей. В антенне, внесенной в магнитное поле, наводится ЭДС, пропорциональная эффективности антенны и интенсивности поля.

При перемещении поискового контура над осью трубопровода вправо и влево (рис. 145, б), возникают звуковые сигналы. По минимальному (центр оси) или максимальному (крайние точки) звуковому сигналу или показанию стрелки шкалы усилителя можно установить местоположение оси трубопровода. Приемник настраивают так, чтобы стрелка прибора при нахождении на оси трубопровода не выходила за пределы шкалы. На поверхности Земли колышками закрепляют ось трассы.

Для определения глубины заложения подземных прокладок поисковый контур с помощью угольника устанавливают под углом 45° и отводят в сторону от черты оси трассы до тех пор, пока не прекратятся звуковые сигналы в телефоне. Отстояние от оси трассы равно глубине залегания прокладки (рис. 145, в).

Т. пассивные — приборы, определяющие местоположение кабелей, находящихся под напряжением, или электропроводящих

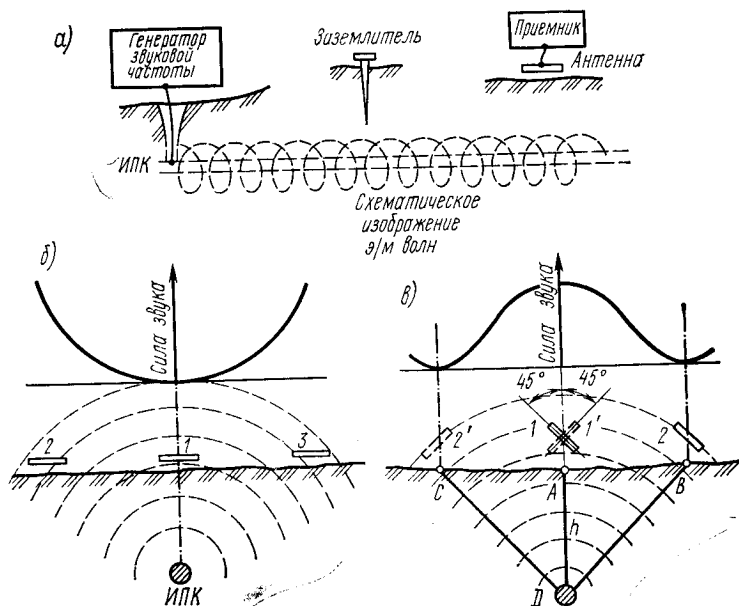


Рис. 145. Схема действия трассонискателя:

ИПК — инженерные подземные коммуникации; 1—3 — положения прибора

предметов (засыпанных колодцев, люков, решеток и т. д.). Электромагнитное поле в электропроводящих предметах создается за счет блуждающих токов или за счет изменения индуктивности при введении проводника в замкнутый колебательный контур. Образующиеся сигналы довольно слабы, поэтому дальность действия таких приборов ограничена.

ТРЕГЕР — подставка геодезического угломерного прибора. В центре подставки имеется отверстие, в которое вставляется ось или втулка прибора, закрепляемая винтами. Т. снабжен тремя подъемными винтами.

ТРЕУГОЛЬНИК ПАРАЛЛАКТИЧЕСКИЙ — треугольник, по элементам которого определяется расстояние в дальномерах оптических*, и треугольник небесной сферы* с вершинами: P — точка полюса, Z — зенит наблюдателя и σ — точка светила (рис. 146). Сторона $PZ=90^\circ-\varphi$, а угол при точке Z равен азимуту A светила.

ТРЕХШТАТИВНАЯ СИСТЕМА — система измерений элементов полигонометрического хода, позволяющая практически исключить влияние на них погрешностей центрировок и редуций*. Для применения Т.с. используют три штатива с одинаковыми подставками, которые устанавливают на смежные точки хода. В эти подставки при измерениях последовательно устанавливают визирные марки и теодолит. Например, после измерения угла при точке 2 штатив с точки 1 переносят на точку 4, а два других остаются на

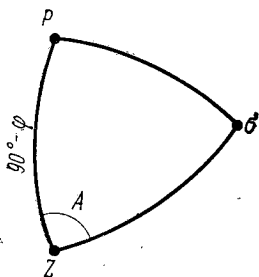


Рис. 146. Параллактический треугольник небесной сферы

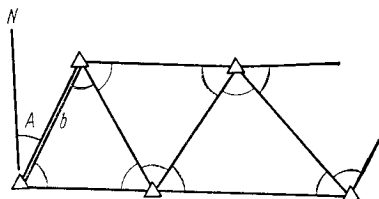


Рис. 147. Схема триангуляции

месте. Марку, стоящую на точке 1, переносят в подставку 2, теодолит ставят в подставку 3, а переднюю марку 3 устанавливают на точке 4 и т. д.

ТРИАНГУЛЯЦИЯ — метод построения геодезической сети в виде смежных треугольников, в которых измеряют все углы и длину хотя бы одной стороны b (рис. 147). Положение начального пункта Т.— азимута A исходной стороны — получают из астрономических наблюдений, а при построении сетей сгущения принимают в качестве исходных пункты и стороны геодезической сети высшего класса. Т.— основной вид плановой геодезической сети СССР.

Системы Т. строят на местности в форме звеньев (цепочек) или сплошной сети треугольников. Решая последовательно треугольники Т., находят длины всех сторон и их дирекционные углы (азимуты), а затем и координаты всех пунктов. Точность звена (цепочки) Т. характеризуется сдвигом ее конечной точки относительно начального пункта. Для вытянутой цепочки, состоящей из n равнобедренных треугольников с длиной замыкающей стороны L , сдвиг

$$M = 2m_{\beta}'' L \sqrt{n} / (3\rho''),$$

где m_{β}'' — средняя квадратическая погрешность измерения угла. (В формуле не учтена погрешность измерения базисной стороны.)

ТРИЛАТЕРАЦИЯ — метод построения геодезической сети в виде смежных треугольников, в которых измеряют длины всех сторон. Из решения треугольников находят их углы, а затем, опираясь

на пункты высшего класса, к которым привязана Т., вычисляют координаты всех вершин треугольников.

Средняя квадратическая погрешность положения конечной точки цепочки Т. относительно начального пункта

$$M = m_s \sqrt{n(n^2 + 60)} / 6,$$

где m_s — средняя квадратическая погрешность измерения сторон; n — число треугольников в цепочке.

ТРУБЧАТЫЕ ЦЕНТРЫ

— закладывают в отдаленных районах и районах вечной мерзлоты вместо стандартных центров геодезических пунктов. Т.ц. состоят из трубы 2 диаметром 60 мм с толщиной стенок не менее 3 мм и многодискового или бетонного блока 3 (рис. 148). К верхнему концу трубы приваривается марка 1 с полусферической головкой, на которой делается насечка точки. В районах с сезонным промерзанием якорь устанавливают на 50 см ниже наибольшей глубины промерзания грунта, а в районах вечной мерзлоты — на 2 м ниже глубины наибольшего оттаивания грунта. Верхний конец трубы закладывается на 50 см ниже поверхности Земли.

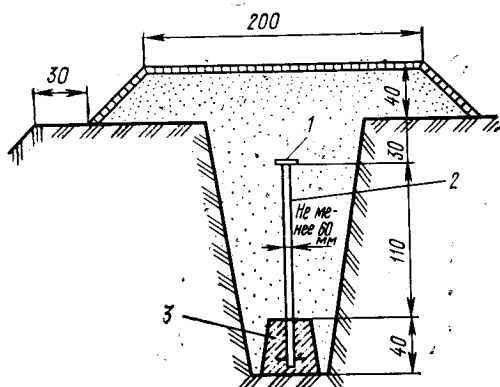


Рис. 148. Трубчатый центр

УВЕЛИЧЕНИЕ ЗРИТЕЛЬНОЙ ТРУБЫ — отношение угла β , под которым предмет виден в зрительную трубу, к углу α , под которым этот предмет виден невооруженным глазом: $v = \beta/\alpha$. Практически У.з.т. можно рассматривать как отношение фокусных расстояний объектива и окуляра: $v = f_{об}/f_{ок}$. Для теодолитов технической точности У.з.т. чаще всего бывает равным 20—25*.

УГЛОМЕРНЫЙ КРУГ — основная часть теодолита, сделанная из стекла или металла. По всей окружности У.к. наносят равномерную угловую шкалу, выполненную в виде радиальных одинарных или парных штрихов.

Угловая величина делений на кругах зависит от точности прибора. Для точных приборов штрихи наносят через 4, 5, 10', а для теодолитов технической точности — через 10, 20, 30' или 1°.

У.к. бывают горизонтальные и вертикальные. На У.к. горизонтальных подписи шкалы всегда возрастают по ходу часовой стрелки. На У.к. вертикальных подписи могут возрастать как по ходу, так и против хода часовой стрелки.

УГЛОМЕРНЫЕ ПРИБОРЫ — геодезические инструменты, предназначенные для измерения углов: теодолиты*, угломеры, эклиметры.

Угломеры используют в маркшейдерской практике для съемки лав. Они представляют собой теодолиты упрощенной и облегченной конструкции. Зрительные трубы угломеров не всегда имеют оптику, и визирование выполняют невооруженным глазом через отверстие и крест сетки нитей в трубе. Отсчеты по кругам в них делают по индексу или верньеру с точностью 10—60'.

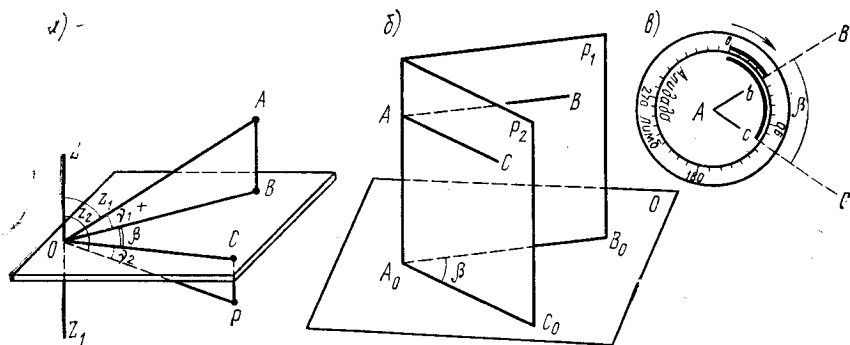


Рис. 149. Вертикальный (а) и горизонтальный (б) углы и зрительная труба теодолита (в), ZZ_1 — вертикальная ось прибора

Для приближенного измерения углов наклона местности используют эклиметр*, а в горных выработках — подвесные круги с отвесом. Подвесной круг подвешивают на проволоке в горной выработке и по отвесу отсчитывают искомый угол наклона.

УГОЛ ВЕРТИКАЛЬНЫЙ — угол, измеренный в вертикальной плоскости. Углы ν_1, ν_2 , образованные направлением визирования и горизонтальной плоскостью (рис. 149, а), называют *углами наклона*, а углы z_1, z_2 — *зенитными расстояниями*. Углы наклона отсчитывают от плоскости горизонта вверх от 0 до $+90^\circ$ и вниз от 0 до -90° . Зенитные расстояния всегда положительны, их отсчитывают от направления на зенит от 0 до 180° .

УГОЛ ГОРИЗОНТАЛЬНЫЙ — ортогональная проекция пространственного угла на горизонтальную плоскость (рис. 149, б). Измерение У.г. при помощи теодолита выполняют следующим образом. Наводят зрительную трубу (рис. 149, в) на точку В и производят на лимбе отсчет b . Открыв алидаду, наводят зрительную трубу на точку С и берут отсчет по лимбу, равный c . У.г. равен разности отсчетов: $\beta = b - c$.

Если отсчет b меньше отсчета c , то к отсчету b прибавляют 360° .

УГОЛ ЗАСЕЧКИ — угол, который образуется между направлениями с исходных пунктов на определяемый в случае определения его засечкой. У. з. не должен быть менее 30 и более 120°.

УГОЛ ПАРАЛЛАКТИЧЕСКИЙ (диастиметрический) — угол, под которым в оптических дальномерах виден базис дальмера с концов измеряемой линии. В дальномерах с постоянным базисом У. п. — это переменная измеряемая величина; в дальномерах с переменным базисом — постоянная величина. В обоих случаях измеряемое расстояние D и У. п. φ связаны зависимостью

$$D = \frac{b}{2} \operatorname{ctg} \frac{\varphi}{2} = \frac{b \rho''}{\varphi''},$$

где b — базис, ρ'' — значение радиана в секундах.

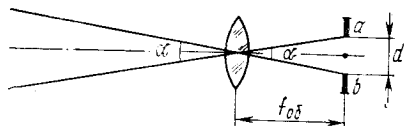


Рис. 150. Угол поля зрения

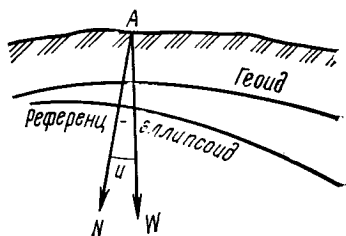


Рис. 151. Уклонение отвесной линии

УГОЛ ПОВОРОТА ТЕОДОЛИТНОГО ХОДА — угол между направлениями на две смежные точки теодолитного хода, исходящими из вершины угла.

УГОЛ ПОВОРОТА (ОТКЛОНЕНИЯ) ТРАССЫ — угол φ отклонения трассы от предыдущего направления (см. рис. 33). У. п. т. может быть правым или левым.

УГОЛ ПОЛЯ ЗРЕНИЯ — угол α (рис. 150), вершина которого находится в оптическом центре объектива, а стороны опираются на диаметр ab сеточной диафрагмы. *Поле зрения* называют часть пространства, видимую в неподвижно расположенную зрительную трубу прибора. Поле зрения зрительной трубы характеризуется У. п. з., который для теодолитов со стандартным размером диафрагмы можно подсчитать по формуле $\alpha = 38,2^\circ / v$, где v — увеличение зрительной трубы, крат.

В зрительных трубах геодезических инструментов поле зрения обычно бывает около 1—1,5°. При небольших У. п. з. наведение зрительной трубы на предмет затрудняется.

УКЛОН — величина, характеризующая крутизну наклона линии. У. вычисляют по формуле $i = \operatorname{tg} v = h/d$, где h — превышение между точками; d — горизонтальное проложение.

У. поперечный — величина, характеризующая крутизну ската по направлению, перпендикулярному к оси трассы.

У. продольный — величина, характеризующая крутизну ска-
та на определенном участке трассы вдоль ее продольной оси.

У. проектный — величина, характеризующая крутизну участ-
ка трассы и следующая для расчета проектных отметок. Проектные
отметки определяют по формуле $H_{пр} = H_0 + i_{пр}d$, где H_0 — проектная
отметка начальной точки участка; $i_{пр}$ — величина проектного укло-
на; d — горизонтальное проложение от начальной до определяемой
точки.

УКЛОНЕНИЕ ОТВЕСНОЙ ЛИНИИ — угол u в данной точке A
земной поверхности (рис. 151), образуемый отвесной линией AW
и нормалью AN к поверхности референц-эллипсоида. У. о. л. вызы-
вается неравномерностью распределения масс в теле Земли и по-
грешностью ориентирования референц-эллипсоида. Составляющая ξ
У. о. л. в меридиане $\xi = \varphi - B$, где φ и B — соответственно астроно-
мическая и геодезическая широты точки. Составляющая η У. о. л.
в плоскости, перпендикулярной к меридиану (первом вертикале),
вычисляется из формулы $\eta = (\lambda - L) \cos \varphi$, где λ и L — астрономи-
ческая и геодезическая долготы точки.

Полное У. о. л. $u = \sqrt{\xi^2 + \eta^2}$. Для референц-эллипсоида Кра-
совского на территории СССР в среднем $a = 3''$. У подножия боль-
ших хребтов или вблизи впадин (у озера Байкал) a достигает 30—
40''.

УРАВНЕНИЕ ДЛИНЫ МЕРНОГО ПРИБОРА — уравнение,
определяющее для заданных условий фактическую длину механи-
ческого мерного прибора (ленты, рулетки, проволоки). У. д. м. п.
определяется в процессе компарирования* и имеет вид

$$l = l_0 + \Delta l + \Delta l_0(t - t_0) + l_0(P - P_0)/(ES),$$

где l_0 — номинальная длина прибора; Δl — постоянная поправка при
 $t = t_0$ и $P = P_0$; α — коэффициент линейного расширения материала
(для стали $\alpha = 12 \cdot 10^{-6}$); t и t_0 — температура мерного прибора при
измерениях и в процессе компарирования ($^{\circ}\text{C}$); P и P_0 — сила натя-
жения мерного прибора в процессе измерений и при компарирова-
нии, H ; E — модуль упругости материала (для стали $E = 196 \cdot 10^9$);
 S — площадь поперечного сечения мерного прибора, м^2 .

У. д. м. п. позволяет находить фактическую длину мерного при-
бора в конкретных условиях измерений.

УРАВНЕННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ — численные значения элементов
геодезической сети, полученные после завершения уравнительных
вычислений*.

УРАВНИТЕЛЬНЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ — комплекс вычислитель-
ных работ для получения наиболее надежных значений искомых
величин по результатам многократных измерений. В ходе У. в. ус-
траняются все геометрические несоответствия в функциях измерен-
ных величин и производится оценка точности выполненных изме-
рений и искомых неизвестных. Если погрешности измерения носят

случайный характер, то наиболее надежные результаты дают У. в. по способу наименьших квадратов, когда решение находится под условием минимума суммы квадратов поправок к измеренным величинам.

УРОВЕННАЯ ПОВЕРХНОСТЬ — поверхность, в каждой точке которой потенциал силы тяжести имеет одинаковое значение. Нормали к У.п. совпадают с вектором силы тяжести и направлены по отвесной линии. За основную У.п. Земли принят геоид*. В около-

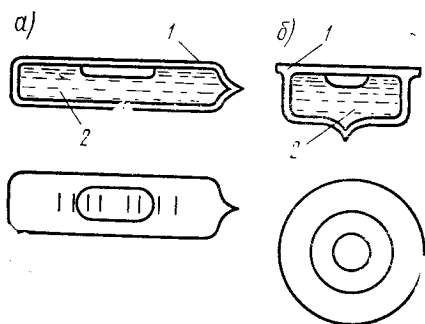


Рис. 152. Ампулы уровней цилиндрического (а) и круглого (б):
1 — стекло; 2 — жидкость

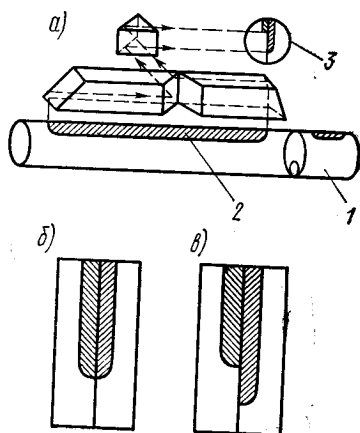


Рис. 153. Призменная система контактного уровня (а), положение пузырька уровня в нуль-пункте (контакте) (б) и контакт нарушен (в):
1 — запасная камера; 2 — пузырек уровня; 3 — поле зрения системы

земном пространстве можно провести бесчисленное множество У.п., которые называют *условными*. Из-за эллипсоидной формы Земли и неравномерного распределения масс эти поверхности не параллельны, что учитывается в теории точного нивелирования.

УРОВЕНЬ — устройство, служащее для определения положения геодезического прибора и его отдельных узлов относительно отвесной линии.

У. жидкостный — уровень с ампулой, заполненной жидкостью так, чтобы внутри нее осталось свободное пространство в виде пузырька. У. ж. состоит из чувствительного элемента — ампулы с жидкостью, и оправы металлической или пластмассовой, служащей для крепления, установки и защиты ампулы от внешних влияний. В зависимости от формы ампулы У. ж. разделяют на цилиндрические и круглые (рис. 152).

У. цилиндрический — жидкостный уровень, у которого внутренняя поверхность ампулы имеет тороидальную форму (форму

вращения дуги окружности). В зависимости от назначения У. ц. радиусы такой окружности бывают от 3 до 200 м. Ампулу наполняют жидкостью (эфиром), но в ней остается свободное пространство, заполненное парами эфира, — пузырек уровня. В силу веса жидкости пузырек занимает наиболее высокое положение в ампуле (рис. 152, а). На верхней поверхности ампулы нанесены деления, чаще всего через 2 мм. Точка в средней части ампулы называется нуль-пунктом уровня. Касательная к внутренней поверхности уровня в нуль-пункте называется *осью цилиндрического уровня*. Для регулирования уровень снабжен исправительными винтами.

У. круглый — жидкостный уровень, у которого внутренняя поверхность верхней части ампулы имеет сферическую форму. На верхнюю поверхность ампулы наносят несколько концентрических окружностей. Центр этих окружностей считается нуль-пунктом уровня. Радиус сферы, опущенный из нуль-пункта, называют *осью круглого уровня*. Она занимает отвесное положение, когда пузырек уровня располагается в нуль-пункте (рис. 152, б).

У. контактный — цилиндрический уровень с системой призм, позволяющих получить совмещенное изображение концов его пузырька. Пузырек уровня считают установленным в нуль-пункте, когда оба изображения половин концов пузырька совмещены (рис. 153).

УРОВЕНЬ ВОДЫ — является наиболее характерным на постоянно действующих водотоках; высокий исторический уровень (ВИУ) — самый высокий уровень воды, когда-либо наблюдавшийся на данной реке и устанавливаемый по опросам старожилов; уровень самых высоких вод (УСВВ), определяемый за весь период наблюдений; уровень высоких вод (УВВ) как средний из всех высоких; расчетный уровень высоких вод (РУВВ), соответствующий расчетному расходу воды и являющийся основным при проектировании сооружений (определяют путем гидравлических расчетов); расчетный судоходный уровень (РСУ), являющийся наивысшим уровнем воды в судоходный период (имеет значение при определении высотного положения элементов моста); уровень меженных вод (УМВ) — уровень воды в период между паводками.

Отметка У. в., т. е. высота его над уровенной поверхностью, называется *горизонтом уровня* воды. ГМВ — горизонт меженных вод.

УРОВЕНЬ МОРЯ — средний уровень поверхности моря, определенный на водомерных постах из продолжительного ряда наблюдений, из которых исключены влияния кратковременных и периодических возмущающих факторов.

УСКОРЕНИЕ СВОБОДНОГО ПАДЕНИЯ — изменение скорости падения тела в безвоздушном пространстве за 1 с. В каждом данном месте У. с. п. постоянно, но при изменении высоты H над уровнем моря и широты φ оно изменяется. Для эллипсоидальной Земли с равномерным распределением масс У. с. п. выражается приближенной формулой, рекомендованной в 1930 г. Международным

геодезическим конгрессом в Стокгольме: $g=978,049 (1+0,005288 \sin^2 \varphi - 0,00006 \sin^2 2\varphi) - 0,0003086 H$. Для Москвы $g=981,56 \text{ см/с}^2$.

УСЛОВНЫЕ ЗНАКИ ВНЕМАСШТАБНЫЕ — применяют на топографических картах и планах для изображения предметов, которые в данном масштабе на плане обращаются в точку или линию (колодец, столб, родник), т. е. размеры которых меньше точности масштаба данной карты.

УСЛОВНЫЕ ЗНАКИ МАСШТАБНЫЕ — или контурные условные знаки — это такие знаки, при помощи которых предметы местности изображают в масштабе плана с соблюдением их действительных размеров и форм.

УСЛОВНЫЕ ЗНАКИ ПОЯСНИТЕЛЬНЫЕ — дополняют У. з. масштабные и немасштабные значками и цифровыми данными, характеризующими предметы (например, глубина и скорость течения рек, грузоподъемность и ширина мостов, порода леса, ширина дорог и т. п.).

УСЛОВНЫЕ ОТМЕТКИ — высоты точек, отсчитанные от условной уровенной поверхности.

ФИЗИЧЕСКОЕ НИВЕЛИРОВАНИЕ — различают несколько видов Ф. н.: гидростатическое, гидромеханическое, барометрическое, аэрофотонивелирование*.

ФОКАЛЬНАЯ ПЛОСКОСТЬ — геометрическое место фокусов (см. фокус линзы*) оптической системы; является изображением бесконечно удаленной плоскости, перпендикулярной оптической оси системы. В реальных оптических системах геометрическим местом точек фокусов является не плоскость, а некоторая поверхность, обладающая, как правило, кривизной.

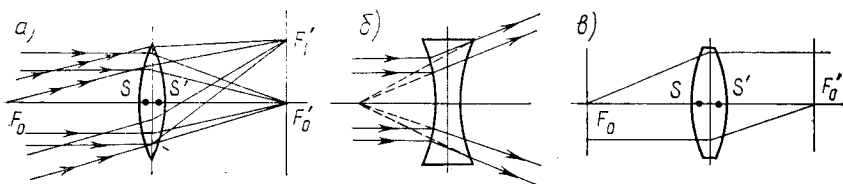


Рис. 154. Фокусы линзы

ФОКУС ЛИНЗЫ — точка, в которой пересекаются лучи параллельного светового пучка после прохождения через линзу. Точка F_0 пересечения пучка лучей, параллельных оптической оси над главным фокусом линзы (рис. 154, а).

Отрицательная линза превращает пучок параллельных лучей в расходящийся, продолжение этих лучей пересекаются в точке, называемой *мнимым фокусом* (рис. 154, б).

Различают также передний и задний фокусы линзы. Передний фокус F_0 — точка в пространстве объектов, изображение которой находится в бесконечности. Задний фокус F_0' — точка в пространстве изображений, объектом которой является бесконечная точка пространства (рис. 154, в).

ФОКУСИРОВКА ИЗОБРАЖЕНИЯ — операция перемещения отдельных частей оптической системы для получения отчетливого изображения объекта. В зрительных трубах геодезических инструментов эта операция сводится к получению четкого изображения предмета в плоскости сетки нитей.

В зрительных трубах с внешней фокусировкой для Ф. и. передвигают окулярную часть трубы до совмещения плоскости нитей сетки с изображением предмета в трубе. В зрительных трубах с внутренней фокусировкой изображение предмета совмещается с плоскостью сетки нитей путем перемещения фокусирующей линзы внутри трубы.

ФОКУСНОЕ РАССТОЯНИЕ ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ — расстояние от точки главного фокуса F_0 до ближайшей узловой точки. Различают *переднее* F_s и *заднее* $F's'$ фокусные расстояния. При наблюдениях в воздухе $F_s = F's'$; если же показатели преломления в пространстве предметов и в пространстве изображений различны, то $F_s \neq F's'$.

ФОКУСНОЕ РАССТОЯНИЕ ЭКВИВАЛЕНТНОЕ — фокусное расстояние сложной оптической системы, состоящей из двух соосных оптических систем. Ф. р. э. вычисляют по формуле $f_0 = f_1 f_2 / (f_1 + f_2 - d)$, где f_1 и f_2 — фокусные расстояния первой и второй оптических систем; d — расстояние между соответствующими главными плоскостями оптических систем.

ФОРМЫ РЕЛЬЕФА ХАРАКТЕРНЫЕ — гора, котловина, хребет, лощина, седловина, уступ или терраса (рис. 155).

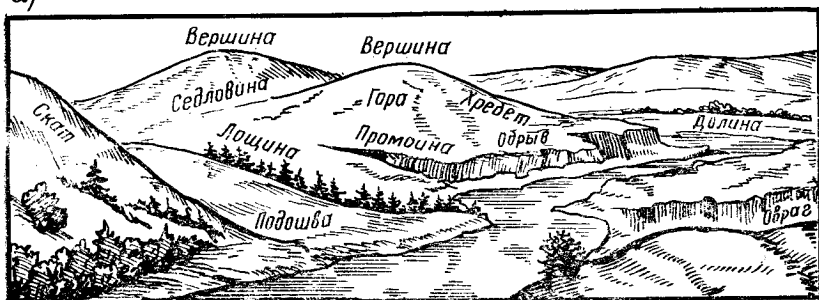
Гора — это возвышенность конической формы. Если высота горы не превышает 200 м, то ее называют *холмом*. Самая высокая точка горы — *вершина*. Боковые поверхности горы — *скаты*, которые заканчиваются *подошвой* горы.

Котловина — углубление конической формы. Самая низкая точка котловины — дно. Боковые поверхности котловины (скаты) заканчиваются *бровкой* или *краем*.

Хребет — возвышение вытянутой формы, постепенно понижающееся в одном направлении и имеющие два ската, пересечение которых образует ось хребта — *водораздел* (или водораздельную линию).

Лощина (балка) — вытянутое углубление местности, постепенно понижающееся в одном направлении. Скаты лощины, пересекаясь, образуют линию водослива — *талвег*. Узкая лощина с крутыми скатами в равнинной местности — *овраг*, а в горной — *ущелье*, *теснина*.

а)



б)

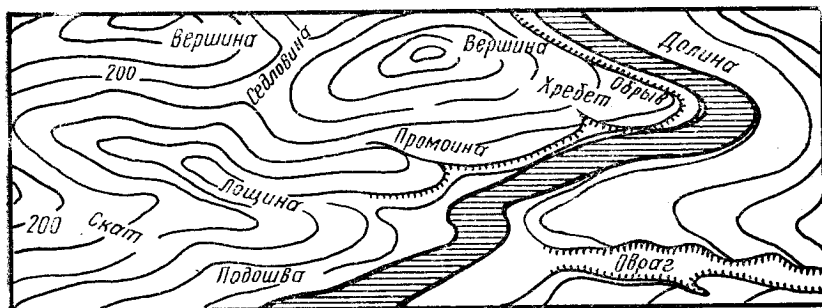


Рис. 155. Формы рельефа:

а — основные; б — их изображение горизонталями

Седловина — пониженная часть местности между двумя соседними возвышенностями. В горах седловина называется *перевалом*.

Терраса — небольшая горизонтальная площадка на склоне.

ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ — оптико-механические приборы для измерения координат точек на фотоснимках для определения размеров, формы и пространственного положения объектов, а также их дешифрования. Основные части любого фотограмметрического прибора: координатно-измерительная система; снимкодержатели; оптическая система для рассматривания снимков, состоящая из двух ветвей (для правого и левого глаза), используемая для наведения на идентичные точки правого и левого снимков стереопары. Движение координатных меток осуществляется синхронно с чертежным приспособлением (координатографом).

Процесс измерения на стереоприборах сводится к последовательному стереоскопическому наведению (см. стереозффект*) ма-

рок на точки снимка и фиксации их положения координатно-измерительной системой.

По назначению Ф. п. делят на универсальные и Ф. п. дифференцированного метода. Конструкция универсальных Ф. п. обеспечивает решение задачи аналоговым методом (определение элементов ориентирования снимков и координат точек объекта) и стереофототопографические съемки. В универсальных приборах восстанавливаются две связки проектирующих лучей, существовавшие

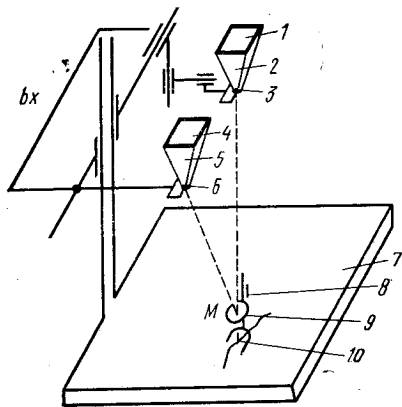


Рис. 156. Схема универсального прибора

в момент фотографирования; их пересечение образует пространственную модель объекта в заданном масштабе, до которой можно измерять координаты точек, строить планы и разрезы на чертежном столе координатографа. На рис. 156 представлена схема универсального стереофотограмметрического прибора оптического проектирования. Для установки элементов ориентирования снимков камеры 2 и 5 могут наклоняться на углы α и ω , а снимки 1 и 4 поворачиваться на угол χ . Камера 5 может перемещаться относительно камеры 2 для установки базиса фотографирования в заданном масштабе. Лучи света, проходя через снимки и объективы 3, 6 камер, пересекаясь над плоскостью стола 7, образуют стереомодель объекта, которую можно наблюдать с помощью столика 8, имеющую марку 9, с помощью которой можно обводить контуры объекта на стереомодели; при этом карандаш 10 повторяет контуры объекта на чертежном столе.

На схеме отсутствует оптическая система, позволяющая наблюдать в плоскости столика 8 изображение правого снимка правым глазом, а левого — левым, что необходимо для получения стереоэффекта.

В реальных приборах (например, в стереопланиграфе) движение марки фиксируется на счетчиках координатографа, а наблюдение осуществляется через оптическую систему с увеличением $6-10\times$. Точность измерения $\pm 0,02$ мм на снимке.

В Ф. п. механического проектирования (стереограф, стереопроектор) проектирующие лучи заменены механическими стержнями, а объективы камер — карданными шарнирами.

Существуют универсальные приборы со встроенной ЭВМ, управляющей движением координатографа. Из приборов дифференцированного метода наиболее распространены фототрансформатор и стереокомпаратор. Фототрансформатор — оптический проектор с наклоняющимся экраном и снимкодержателем, что позволяет получать на экране изображение в заданном масштабе, свободное от

искажений за углы наклона α , ω , κ и необходимое для составления фотопланов. *Стереокompatор* — прибор для измерения плоских координат точек стереопары. Он состоит из снимкодержателей, перемещающихся вместе с каретками, бинокулярного микроскопа, имеющего две измерительные марки, и системы, измеряющей перемещения кареток, на которые устанавливают правый и левый снимки стереопары. Различают два типа стереокompatоров: с раздельным и совместным перемещением кареток правого и левого снимков. При совместном перемещении кареток измеряют непосредственно координаты одноименных точек правого и левого снимков x_1, y_1, x_2, y_2 ; при совместном — координаты точек на одном снимке и продольный p и поперечный q параллаксы, при этом $x_2 = x_1 + p$; $y_2 = y_1 + q$.

Современные стереокompatоры имеют точность измерения порядка $\pm 0,002$ мм; оснащены автоматическими системами регистрации измерений и их записи на магнитную или перфоленты. Наибольшее распространение в СССР имеют стереокompatоры СКА-18 и Stecometr (ГДР).

ФОТОГРАММЕТРИЯ (измерительная фотография) — техническая дисциплина, занимающаяся определением координат точек объектов по их изображениям на фотоснимках. Ф. широко применяют в работах по созданию топографических карт. Фотоснимки для фотограмметрической обработки получают в результате наземной фотосъемки или аэрофотосъемки. Применяемые фотоснимки должны представлять собой центральные проекции сфотографированного объекта. Положение плоскости снимка относительно центра проектирования — узловой точки объектива фотографического аппарата — характеризуется элементами внутреннего ориентирования — фокусным расстоянием f_K съемочной камеры и положением главной точки снимка относительно его координатных осей. (Главная точка определяется основанием перпендикуляра, опущенного из центра проектирования на плоскость снимка). Положение фотоснимка относительно координатных осей снимаемого объекта определяется шестью элементами внешнего ориентирования — тремя координатами центра проектирования X_S, Y_S, Z_S , двумя углами α, ω , определяющими пространственное положение оптической оси аппарата, и углом поворота фотоснимка в своей плоскости κ .

Элементы внутреннего ориентирования определяют в результате калибровки фотоаппарата, а элементы внешнего ориентирования — при фотографировании нескольких точек объекта с известными координатами. Положение точек сфотографированного объекта определяют на основании зависимости между координатами x, y точек снимка и местности X, Y :

$$\begin{aligned} X &= X_S + H(a_1 x + a_2 y - a_3' f) / (c_1 x + c_2 y - c_3 f); \\ Y &= Y_S + H(b_1 x + b_2 y - b_3' f) / (c_1 x + c_2 y - c_3 f); \\ H &= Z_S - Z, \end{aligned}$$

где H — высота фотографирования; Z — высота точки местности; коэффициенты a_i , b_i , c_i — функции углов наклона α , ω и разворота κ , т. е. известные из аналитической геометрии как направляющие косинусы, применяемые в формулах преобразования координат.

Следует иметь в виду, что по координатам точки на снимке можно получить (при наличии элементов внутреннего и внешнего ориентирования) только две координаты той же точки на местности; третья координата Z должна быть заранее известна.

Для приведения снимков к одному заданному масштабу и для исправления искажений за углом наклона главного луча аэрофотоснимки преобразуют (трансформируют): устанавливают негативы фотоснимков в проектирующие камеры фототрансформаторов и проектируют их изображения на плоскость экрана, на котором в заданном масштабе по известным координатам нанесены как минимум четыре точки, изображенные на данном снимке. Перемещая и наклоняя экран, добиваются совмещения проектируемых точек и тем самым получают на экране изображение, соответствующее горизонтальному снимку в принятом масштабе.

Если один и тот же участок местности сфотографирован с двух точек, разделенных *базисом фотографирования* B , то фотограмметрическая обработка позволяет построить направления проектирующих лучей, найти их точки пересечения и определить пространственное положение соответствующей точки. Совокупность таких точек образует пространственную модель местности, по которой можно производить измерения.

В идеальном случае аэрофотосъемки, когда плоскости снимков и базис фотографирования расположены в горизонтальной плоскости, зависимость между координатами точек объекта и смежных аэроснимков выражается формулами:

$$\begin{aligned} X &= (H - h) / f_{\kappa} = Bx_1 / (x_1 - x_2); & Y &= [(H - h) y_n] / f_{\kappa} = By_1 / (x_1 - x_2); \\ Z &= H - h = Bf_{\kappa} / (x_1 - x_2); & h &= H \Delta p / (b + \Delta p); \\ \Delta p &= x_1 - x_2 - b; & b &= Bf_{\kappa} / H. \end{aligned}$$

Стереофотограмметрические задачи решают с помощью фотограмметрических приборов*, позволяющих графически изобразить результаты измерений. В настоящее время фотограмметрические способы построения объекта по его изображениям широко распространены во многих областях науки и техники.

ФОТОПЛАН — план местности, составленный из фотоснимков. Φ . является мозаичным фотоизображением местности, составленным на жесткой основе из центральных частей трансформированных аэроснимков. При монтаже Φ . перекрывающиеся части снимков обрезают, а оставшиеся полезные площади устанавливают по точкам с известными координатами. Φ . является исходным материалом для составления плана или карты местности.

ФОТОСХЕМА — фотографическое изображение местности, составленное на жесткой основе путем монтажа фотоснимков без использования опорных точек. Монтаж Ф. выполняют по общим контурам соседних снимков. Масштаб Ф. в разных ее частях может быть различен. Он равен масштабу соответствующего аэроснимка.

ФОТОТЕОДОЛИТ — прибор, состоящий из специальной фотокамеры с жестко фиксированными элементами внутреннего ориентирования и устройства для ее точного ориентирования — теодолита. Фотокамера снабжена устройством для контроля углов наклона и разворота, что позволяет точно устанавливать элементы внешнего ориентирования снимка (см. фотограмметрия *).

Для съемок с близких расстояний до 20—40 м существуют фототеодолиты в виде двух одинаковых камер, установленных на жестком базисе — штанге длиной до 2 м.

ФОТОТРИАНГУЛЯЦИЯ — способ фотограмметрического сгущения, основанный на пересечении соответственных проектирующих лучей. Ф. предназначена для сгущения наземной геодезической сети с целью обеспечения каждого аэрофотоснимка необходимым числом точек с известными координатами. Различают пространственную и плановую Ф.

Ф. плановая — строится графическим или аналитическим способами. Она основана на перспективном свойстве аэрофотоснимков: направления, имеющие своей вершиной центральную (главную) точку снимка, не испытывают искажений и мало зависят от угла наклона снимка и рельефа местности. Графический способ предусматривает определение положения точек путем прямых и обратных засечек, выполняемых на прозрачной бумаге, накладываемой на аэроснимки. Исходя базисом при построении засечек служит расстояние между главными точками соседних снимков при совмещенных начальных направлениях. Для масштабирования сети плановой Ф. используют пункты с известными координатами. Аналитический способ построения Ф. предусматривает измерение на фотоснимках координат всех включений в сеть точек и последующую обработку результатов измерений на ЭВМ.

При построении Ф. на универсальных фотограмметрических приборах одновременно определяют плановое и высотное положения точек. Такая Ф. называется пространственной (рис. 157).

ФУТШТОК — рейка с делениями, устанавливаемая на водомерных постах для регистрации уровня воды в водоемах.

ФУТШТОК КРОНШТАДТСКИЙ — водомерная рейка, изготовленная из меди и укрепленная на гранитном устое моста на о. Котлин в Кронштадте. По результатам непрерывных наблюдений, ведущихся с 1845 г., установлено, что нулевой штрих этой рейки почти совпадает со средним уровнем Балтийского моря. Нуль Ф. к. принят за начало счета высот в СССР. В систему водомерного Кронштадтского поста входят три марки, которые точным нивелированием связаны с Ф. к. Первая марка закреплена на стене здания, рас-

положенного возле Ф.к. ($H=7,1076$ м над нулем Ф.к.), вторая — в г. Ломоносове на паровозном депо ($H=5,4608$ м), третья — на Балтийском вокзале в Ленинграде ($H=5,372$ м). В 1931 г. в районе ст. Чудово была закреплена группа глубинных реперов, на которые точным нивелированием были переданы отметки от нуля Ф.к. Таким образом, исходный уровень, близкий к среднему уровню Балтийского моря в пределах 1—2 см, был перенесен на материк и прочно закреплён в нескольких материальных точках.

ХОДОВАЯ ЛИНИЯ — линия, прокладываемая при глазомерной съёмке. Обычно Х. л. прокладывают вдоль дорог и троп. При съёмке полосы Х. л. выбирают вдоль маршрута. Для съёмки небольшого участка ее прокладывают в виде замкнутого полигона. Большие участки разбивают на части и каждую снимают со своей Х. л., причем последующие ходы должны примыкать к предыдущему. Длины сторон ходовой линии измеряют шагами. Невязка в замкнутом полигоне не должна превышать $1/25$ его длины. Точки ходовой линии используют в качестве съёмочного обоснования при съёмке ситуации.

ЦАПФЫ — круговые цилиндры на горизонтальной оси зрительной трубы, используемые в качестве направляющих при вращении трубы вокруг горизонтальной оси. Горизонтальная ось опирается цапфой на лагера в подставках прибора. Оси двух Ц. должны совпадать с горизонтальной осью зрительной трубы, образуя общую геометрическую ось вращения трубы. В геодезических приборах к качеству изготовления Ц. предъявляют высокие требования, особенно к форме их поверхности и размерам.

ЦЕНА ДЕЛЕНИЯ — угловая или линейная величина, соответствующая одному делению основной или дополнительной шкалы мерного прибора. Ц. д. шкал геодезических приборов устанавливается в зависимости от назначения и точности приборов.

Ц. д. верньера — угловая величина одного деления верньера. Деления на шкале верньера несколько меньших размеров, чем на основной шкале. При этом n делениям на шкале верньера соответствуют $n-1$ делений основной шкалы. Ц. д. верньера $\lambda = (n-1)l/n$, где l — цена деления основной шкалы.

Ц. д. рейки — линейная величина одного деления рейки. В соответствии с ГОСТ Ц. д. р. бывает: 5 мм для высокоточного нивелирования (I и II классов); 10 мм для нивелирования III и IV классов, а также для технического нивелирования. Иногда для технического нивелирования применяют рейки типа РНТ с ценой деления на основной шкале 20 мм и на дополнительной 50 мм;

Ц. д. угломерного круга — угловая величина одного деления круга, характеризующаяся центральным углом между радиусами круга, проходящими через соседние штрихи. У теодолитов технической точности цена деления угломерного круга 10, 20, 30' или 1°.

Ц. д. уровня — угол, на который надо изменить наклон оси цилиндрического уровня, чтобы пузырек переместился на одно деле-

ние (рис. 158). Цену деления уровня в лабораторных или полевых условиях можно определить по формуле

$$t = v''/n \approx [(e_1 - e_2) 206\,265'']/(dn),$$

где e_1 и e_2 — разность отсчетов на рейке при двух положениях пузырька уровня; d — расстояние от прибора до рейки; n — число делений, на которое перемещается пузырек уровня.

У теодолитов с точностью отсчета $30''$ — $1'$ цена деления цилиндрических уровней 30 — $60''$, круглых уровней порядка 3 — $5'$.

Ц. д. шкалы микроскопа — угловая величина одного деления шкалы микроскопа. Если цена деления основной шкалы t , а число делений на шкале микроскопа n , то цену деления шкалы микроскопа $t' = t/n$.

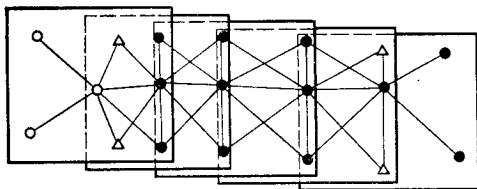


Рис. 157. Схема фототриангуляции

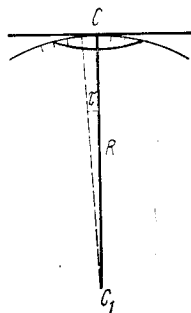


Рис. 158. Цена деления уровня

ЦЕНТРИР ОПТИЧЕСКИЙ — геодезический центрир с оптической системой для визуального наблюдения, предназначенный для отвесного проектирования точек.

ЦЕНТРИР МЕХАНИЧЕСКИЙ — геодезический центрир, задающий положение отвесной линии механическими элементами.

ЦЕНТРИРОВКА И РЕДУКЦИЯ — несовпадение вертикальной оси теодолита или визирной цели с отвесной линией, проходящей через центр геодезического пункта. Явления Ц. и Р. вызывают погрешности в измеряемых направлениях с пунктов и требуют введения соответствующих поправок, т. е. приведения измеренных направлений к центрам пунктов (рис. 159). При $l \ll d$ поправка x (вс)

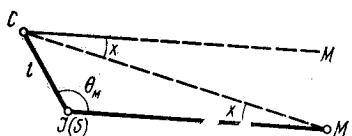


Рис. 159. Схема элементов центрировки и редукции:

C — центр пункта; J (или S) — точка стояния теодолита (или визирной цели); d — расстояние между исходным и наблюдаемым пунктами; l — линейный элемент центрировки или редукции; θ — угловой элемент

в измеренное направление за Ц. или Р. выражается формулой $x = (l/d) \sin \theta \rho''$.

Поправка x за Ц. вводится в измеренное направление JM на пункте C , а поправка x за Р. — в измеренное направление MS на пункте M .

ЦЕНТРИРОВОЧНЫЙ ЛИСТ — укрепляют на планшете мензулы под геодезическим сигналом (рис. 160). На Ц. л. обычно осуществляют ортогональное проектирование точек стояния теодолита, визирной цели и центра пункта для определения угловых и линейных элементов центрировки и редукции*. Проектирование осуществляют с помощью визирного луча (коллимационной плоскости) теодолита с трех произвольных точек местности (J, S, C). После этого на Ц. л. прочерчивают направления на наблюдаемый пункт M и графически определяют элементы l и θ центрировки и l_1 и θ_1 редукции.

ЦИРКУЛЬ ПРОПОРЦИОНАЛЬНЫЙ — двусторонний циркуль. При перемещении шарнира (рис. 161) меняется соотношение растворов a и b циркуля Ц. п. Применяют при изготовлении с оригинала карты копий другого масштаба. Например, если масштаб оригинала $1 : 500$, а копию нужно изготовить в масштабе $1 : 1000$, на оригинале разбивают сетку квадратов со стороной 10 см (если ее нет), а на копии — сетку квадратов со стороной 5 см. Передвигая шарнир циркуля, устанавливают и закрепляют его так, чтобы соотношение короткого раствора b ножек к длинному a было равно $1/2$. Затем с помощью циркуля переносят необходимые детали с оригинала на копию.

ЦИФРОВАЯ МОДЕЛЬ МЕСТНОСТИ (ЦММ) — множество точек земной поверхности с их координатами. ЦММ, заложенная в память ЭВМ, должна давать информацию о контурах и рельефе местности. В настоящее время разработаны цифровые модели рельефа (ЦМР), являющимся частным случаем ЦММ. Под ЦМР понимают некоторое множество точек с координатами x, y, z , выбранных таким образом, чтобы путем линейной интерполяции можно было получить отметки других точек.

ЦМР могут быть в виде таблицы значений координат x, y, z в вершинах сети квадратов или других фигур или характерных точек рельефа, а также точек, расположенных на линиях водослива и водораздела; существуют и аналитические модели рельефа.

ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ГЛАЗА СПЕКТРАЛЬНАЯ — сетчатка глаза воспринимает лучистую энергию в пределах $\lambda = 0,380 \div 0,780$ мкм как световое раздражение. Энергия более коротких и длинных волн поглощается стекловидным телом глаза.

Максимальная спектральная чувствительность дневного (колбочкового) зрения находится в области $0,556$ мкм (желто-зеленый свет), а для палочкового зрения она приходится на длину волны $0,507$ мкм (ночное зрение).

При работе с оптическими приборами в условиях дневного освещения действует дневное зрение; ночью — в зависимости от освещения — смешанное или ночное. Признаком ночного зрения является неразличимость цветов, все предметы кажутся голубовато-серыми.

При визуальных измерениях светодальномером вводят дисперсионную поправку для длины преобладающего зрения.

ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ОПТИКО-МЕХАНИЧЕСКОГО КОМПЕНСАТОРА — предельно малый угол наклона подвески компенсатора, вызывающий изменение положения чувствительного элемента компенсатора, — равен ошибке установки компенсатора в исходное положение при его отклонении. От этой ошибки за-

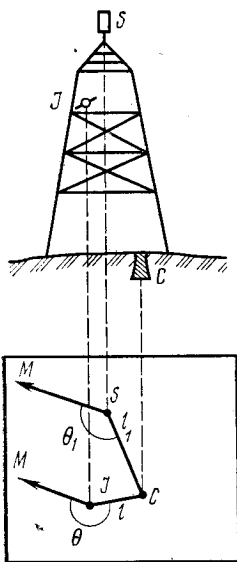


Рис. 160. Центрировочный лист

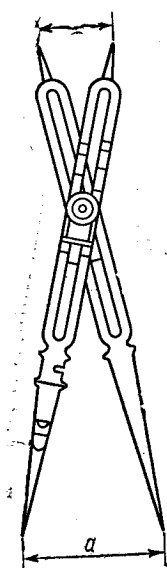


Рис. 161. Пропорциональный циркуль

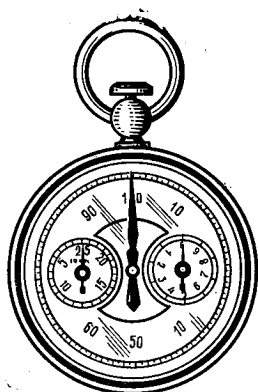


Рис. 162. Шагомер

висит точность стабилизации визирной линии. Обычно Ч.о.-м.к. равна чувствительности оптического-механического компенсатора (0,5—2,0").

ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ УРОВНЯ — точность, с которой пузырек уровня фиксирует наклоны оси уровня. Ч.у. характеризуется его ценой деления и зависит от радиуса кривизны и качества шлифовки внутренней поверхности ампулы. Чем больше радиус кривизны дуги ампулы уровня, тем меньше цена деления уровня и, следовательно, чувствительнее уровень. Контактные уровни при той же цене деления и прочих равных условиях примерно в три раза превосходят Ч.у. цилиндрических с точки зрения установки пузырька уровня в нуль-пункт. Это объясняется тем, что в контактных уровнях положение пузырька можно оценивать на глаз значительно точнее.

ШАГОМЕР — прибор (рис. 162) для измерения расстояний в шагах. Ш. имеет три стрелки для отсчета отдельных шагов, сотен, тысяч и головку для возврата стрелки в нулевое положение. В механизме шагомера имеется груз, подвешенный на оси. При толчках, возникающих при ходьбе, груз отклоняется от вертикального положения и поворачивается храповое колесо, а от него и стрелки Ш. В обратное положение груз возвращается пружиной, которую подбирают так, чтобы отклонение груза происходило только при толчках, вызываемых ходьбой, и не происходило при более слабых толчках.

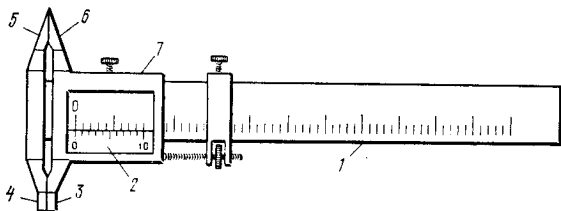


Рис. 163. Штангенциркуль

ШПИЛЬКИ ЗЕМЛЕМЕРНЫЕ — приспособление для измерения расстояний мерными лентами. Ш.з. изготовляют из стальной проволоки диаметром 5—6 мм и длиной 250—300 мм. Один конец Ш.з., втыкаемый в землю, заостряют, а на другом делают кольцо. В комплекте с мерной лентой имеется 10—11 шпилек.

ШПИЛЬКИ ИСПРАВИТЕЛЬНЫЕ — металлические шпилки, используемые для вращения исправительных винтов геодезических приборов. Ш.и. делают из стали с переменным сечением от 1,5 до 3,0 мм и длиной около 60 мм.

ШТАТИВ — принадлежность геодезического прибора, предназначенная для установки на грунт и закрепления на нем прибора в рабочем положении. Ш. бывают деревянные и металлические. По конструкции различают Ш. раздвижные типа ШР и нераздвижные (постоянной длины) типа ШН. Штативы типа ШН чаще применяют при высокоточных измерениях. Штатив типа ШР состоит из трех раздвижных ножек, шарнирно соединенных с металлической головкой (платформой). На нижней части ножек имеются металлические наконечники, служащие для крепления их в грунт. В центре платформы имеется круглое отверстие для станового винта, закрепляющего геодезический прибор на штативе. Ш. типа ШН имеют высоту 1,5—1,6 м, а типа ШР с полностью выдвинутыми ножками — 1,6 м.

ШТАНГЕНЦИРКУЛЬ — прибор для линейных измерений, а также для разметочных работ (рис. 163). Он представляет собой штангу 1 с делениями ценой в 1 мм, на которой имеются губка 5 и подвижная рамка 7 с губкой 6. На рамке закрепляется шкала нониуса 2, с помощью которой можно отсчитывать (в зависимости

от разбивки нониуса) с точностью до 0,05 или 0,1 мм. Губки имеют: с внутренней стороны плоские измерительные поверхности; с внешней стороны цилиндрические поверхности 3 и 4, используемые при измерении внутренних размеров. При сдвинутых губках отсчет по шкале равен нулю. Концы губок заострены и используются при проведении разметочных работ. Некоторые конструкции штангенциркуля снабжаются выдвигной планкой для измерения глубин. В этом случае точками, между которыми производят измерение, являются торец штанги и торец выдвигной планки.

ЩЕЛЕВАЯ АЭРОФОТОКАМЕРА — аэрокамера, в которой фотопленка непрерывно протягивается перпендикулярно узкой щели, расположенной в фокальной плоскости фотообъектива и направленной перпендикулярно линии направления полета. Скорость протяжки пленки согласована со скоростью движения изображения местности, даваемого фотообъективом. Аэроснимок получается в виде сплошной ленты, длина которой ограничивается запасом аэрофотопленки в кассете.

ЩЕЛЕВАЯ ДИАФРАГМА — непрозрачная металлическая пластинка с прорезью в центре поля зрения, устанавливаемая после окуляра оптической трубы. Вместе с бипризмой* Ш. д. образует разделительное оптическое устройство, которое дает возможность раздельно наблюдать изображение в верхней и нижней частях оптической системы дальномеров двойного изображения.

ЭКВАТОР — воображаемая линия на земной поверхности, все точки которой имеют широту, равную нулю (0°).

ЭККЕР — геодезический прибор, предназначенный для откладывания на местности фиксированного угла. Э. бывают простые и оптические. К простым относится крестообразный Э., состоящий из двух взаимно перпендикулярных планок длиной 20—30 см, на концах которых помещают диоптры или иглы. Вертикальные плоскости, проходящие через противоположные диоптры или концы игл, должны быть взаимно перпендикулярны. Оптические Э. разделяют на вертикальные и призмные. Эккер зеркальный имеет закрепленные внутри корпуса два зеркала, образующие двугранный угол $\gamma = 45^\circ$. На рис. 164, а показан общий вид Э., а на рис. 164, б — схема хода лучей в эккере:

$$\beta = 2\varphi + 2\delta = 2(\varphi + \delta);$$

$$\gamma = 180^\circ - (90^\circ - \varphi) - (90^\circ - \delta) = \varphi + \delta.$$

Следовательно, $\beta = 2\gamma$. Таким образом, $\beta = 90^\circ$.

Чтобы построить перпендикуляр к линии АВ, необходимо встать с эккером в точке С створа. Наблюдая изображение вехи в зеркалах, наблюдатель дает указания помощнику поставить веху Е таким образом, чтобы она совместилась с изображением вехи, установленной в точке А.

Эккер призмный имеет равнобедренную прямоугольную призму, установленную внутри корпуса с рукояткой. При построении прямого угла, находясь в точке C створа, одну из граней направляют в сторону точки A и, наблюдая через вторую грань изображение вехи, установленной в этой точке, совмещают веху E с ее изображением.

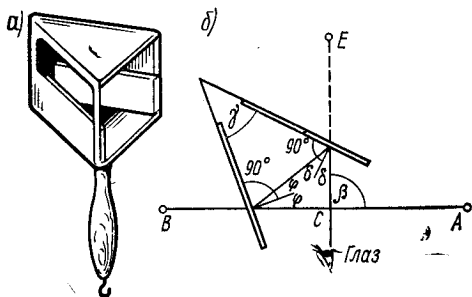


Рис. 164. Зеркальный эккер (а) и ход лучей в эккере (б)

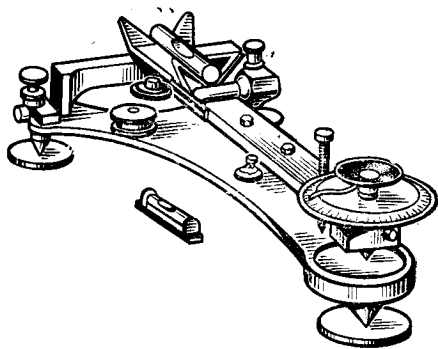


Рис. 165. Экзаменатор уровней

ЭКЗАМЕНАТОР УРОВНЕЙ — специальное устройство, предназначенное для определения цены деления уровней. Одна из плоскостей Э. у. (рис. 165) наклоняется установочным винтом. Цена деления τ экзаменатора известна, т. е. угол, на который наклоняется Э. при повороте установочного винта на одно деление. Цена деления уровня $t' = m\tau/\alpha_\tau$, где m — число делений поворота установочного винта; α_τ — перемещение пузырька уровня при повороте винта на m делений.

Для исследования уровней геодезических приборов используют Э. у. с ценой делений $\tau = 1''$, иногда с $\tau = 2$ или $5''$.

ЭКЛИМЕТР — ручной геодезический прибор, предназначенный для измерения углов наклона линий. Чаще всего применяют Э. с маятниковым диском. Диск с градусными делениями вращается внутри коробки, к которой прикреплена трубка с глазным и предметным диоптрами. Рядом с трубкой имеется лупа, через которую снимают отсчет угла наклона. В нижней части диска имеется груз, под влиянием которого диск с делениями устанавливают так, что нулевой диаметр диска становится горизонтальным. Для измерения угла наклона линии в ее конечной точке ставят веху и визируют на ту же высоту, на какой находится эклиметр в начальной точке. Нажав кнопку тормоза, отпускают диск. Когда диск успокоится, наблюдатель отсчитывает против нити предметного диоптра значение угла наклона, оценивая на глаз десятые доли градуса. Ошибка измерения угла наклона $\pm 1/4^\circ$.

ЭЛЕМЕНТЫ КРУГОВЫХ КРИВЫХ — параметры круговых кривых: тангенс T ; кривая K ; биссектриса B ; домер D , определяе-

мые по углу поворота φ трассы и радиусу кривой R и служащие для нахождения на местности положения ее главных точек. Э. к. к. можно вычислить или определить по специальным таблицам (см. разбивка круговых кривых *, главные точки кривой *).

ЭКСЦЕНТРИСИТЕТ АЛИДАДЫ — несовпадение центров лимба и алидады. У теодолитов с металлическими кругами нулевые штрихи верньеров (рис. 166, а) будут находиться на одном диаметре алидады, если центры лимба C и алидады C_1 совпадают. Тогда отсчеты oa и ob будут различаться на 180° . Если центры лимба и алидады не совпадают, т. е. алидадный круг смещен, то вместо верных отсчетов oa и ob будут взяты отсчеты с погрешностью $aa_1 = bb_1 = cc_1$. Чтобы выявить Э.а., необходимо отсчитывать по двум верньерам на различных частях лимба, вращая алидаду. Максимальная разность получится, если линия указателей верньеров алидады перпендикулярна C_1C . Среднее из отсчетов oa_1 и ob_1 по обоим верньерам свободно от влияния Э.а. У оптических теодолитов влияние Э.а. исключается измерением угла при двух положениях трубы, т. е. при КП и КЛ.

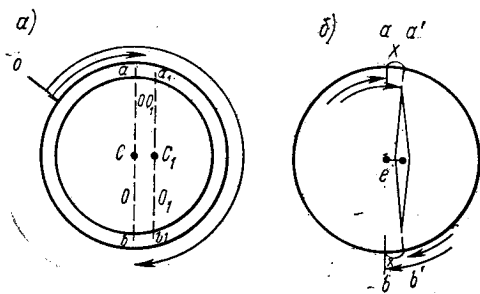


Рис. 166. Влияние эксцентриситета алидады на отсчет (а) и эксцентриситета магнитной стрелки (б)

ЭКСЦЕНТРИСИТЕТ МАГНИТНОЙ СТРЕЛКИ — несовпадение оси вращения магнитной стрелки с центром делений кольца буссоли. Влияние Э. м. с. обнаруживается отсчетами по обоим концам магнитной стрелки на разных частях кольца буссоли.

Влияние эксцентриситета можно исключить, если взять среднее значение из отсчетов по обоим концам стрелки (рис. 166, б): $(a + b)/2 = (a' + b')/2$.

ЭФФЕКТ ПОККЕЛЬСА — линейный электрооптический эффект — изменение преломления показателя света в кристаллах, помещенных в электрическое поле, пропорциональное напряженности электрического поля. Э. П. наблюдается только у пьезоэлектриков. Был открыт в 1894 г. немецким физиком Ф. Поккельсом.

Появление лазеров ускорило использование Э. П. На основе Э. П. разработан ряд устройств для электрического управления когерентным оптическим излучением. Почти все созданные модуляторы света основаны на Э. П., важное свойство которого — малая инерционность, позволяющая осуществлять модуляцию света до частот порядка 10^{-13} Гц.

ЭХОЛОТ — прибор для измерения глубин гидроакустическим способом. Его применяют при инженерных изысканиях гидротехнических сооружений. Э. состоит из вибратора-излучателя и вибратора-приемника. В обмотке вибратора-излучателя создают импульс электрических колебаний, под действием которых возникает переменное магнитное поле, изменяющее линейные размеры сердечника. Механические колебания вызывают упругие колебания воды. Ультразвуковые колебания достигают дна, отражаются и поступают на вибратор-приемник. В обмотке приемника наводится переменное магнитное поле, вызывающее в ней электрический ток, который после усиления поступает в индикатор. Индикатор может быть выполнен в виде стрелочного прибора, показывающего глубину по времени прохождения посланного и отраженного импульса Δt . Отраженные сигналы могут подаваться на перо самописца. В этом случае получают профиль дна. Глубину определяют по формуле $l = c\Delta t/2$, где c — скорость распространения ультразвука в воде (зависит от температуры воды, солености): для морской воды $c \approx 1500$ м/с, для пресной $c \approx 1450$ м/с.

ЮСТИРОВКА ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ПРИБОРА — исправление взаимного расположения отдельных деталей геодезического прибора после его проверки для восстановления принципиальной геометрической схемы прибора. Ю. г. п. осуществляют с помощью специальных исправительных винтов.

ЯЧЕЙКА КЕРРА — специальное устройство, предназначенное для модулирования светового потока в светодальнометрах. Я.К. состоит из трех частей: поляризатора, анализатора и конденсатора Керра *. Как модулирующее устройство светодальнометров Я.К. встречается в двух вариантах. В светодальнометрах с фотоэлектрической регистрацией светового потока, таких, как «Кварц», или некоторых моделях Геодиметра применяют одиночную Я.К. Световой поток Φ_A , пропускаемый анализатором Я.К., зависит от характера эллиптической поляризации, т. е. от фазового сдвига ψ и от взаимной ориентации всех трех элементов Я.К. Уравнение светового потока, пропускаемого Я.К.,

$$\Phi_A = \Phi_n [\cos^2 \eta - \sin 2\alpha \sin 2(\alpha + \eta) \sin^2(\psi/2)].$$

При использовании Я.К. для амплитудной модуляции светового потока принимают $\alpha = 45^\circ$ и $\eta = 90^\circ$.

В светодальнометрах с визуальной регистрацией светового потока (например, СВВ-1, СТ, ТД) применяют компенсационную Я.К., состоящую из поляризатора, анализатора и двух одинаковых по параметрам конденсаторов Керра K_1 и K_2 . Поляризатор и анализатор устанавливают под углом 90° . Конденсатор K_1 устанавливают так же, как и в одиночной Я.К., а конденсатор K_2 разворачивают на 90° к K_1 и устанавливают на пути светового потока, вышедшего из первого конденсатора, так, чтобы силовые линии электрического поля в K_1 и K_2 были взаимно перпендикулярны. Расстояние между конденсаторами K_1 и K_2 по ходу луча $2D$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Геодезические работы в строительстве/Под ред. *В. Н. Ганьшина*. — М.: Стройиздат, 1978.
2. Инженерная геодезия/Под ред. *П. С. Закатова*. — 2е изд., — М.: Недра, 1978.
3. *Климов О. Д.* Курс инженерных изысканий. — М.: Недра, 1974.
4. Краткий топографо-геодезический словарь-справочник/Под ред. *Б. С. Кузьмина*. — М.: Недра, 1968.
5. Лазерные геодезические приборы в строительстве. — М.: Недра, 1977.
6. *Лебедев Н. Н.* Курс инженерной геодезии. — 2-е изд. — М.: Недра, 1974.
7. *Левчук Г. П.* Курс инженерной геодезии. — М.: Недра, 1970.
8. Справочник геодезиста/Под ред. *Большакова В. Д., Левчука Г. П.* — М.: Недра, 1975.
9. *Сытник В. С.* Контроль и обеспечение точности при возведении инженерных сооружений. — М.: Стройиздат, 1977.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Аберрация 13
Абрис 13
Азимут астрономический 14
— геодезический 15
— магнитный 15
— прямой и обратный 15
Аккомодация глаза 15
Алидада горизонтального круга 16
Аномалия 16
Арретир 16
Астрономия 16
Аэрорадионивелирование 17
Аэрофотокамера щелевая 209
Аэрофотоснимок 18
Аэрофотосъемка 18
Аэрофототопография 19
- База дальногомера 19**
Базис 19
Барометр 20
Башмак нивелирный 106
Бипризма 21
Биссектор 21
Буссоль магнитная 21
- Ватерпас 22**
Ватерпасовка 23
Верньер 23
Вероятность события 24
Вес измерения 25
Вешение линии 25
Видимость геодезическая 25
Визирки 26
Винт становой 27
— элевационный 27
Винты наводящие 27
— подъемные 27
— стопорные 27
— установочные 27
— юстировочные 27
Высота точки (отметка) 28
— фотографирования 29
Высотомер 29
- Гаусса — Крюгера проекция 31**
Геодезия 39
Геоид 40
Гипсотермометр 40
Гирокурсоуказатель 41, 42
Гироскоп 41, 42
Гистерезис 44
Горизонт инструмента 46
— исходный (условный) 73
— монтажный 103
- Давление атмосферное 48**
Дальномер 49
Дальность видимости 53
Декремент затухания 54
- Деформация сооружений 54
Диаметрометр 55
Диафрагма 55, 209
Динамометр 55
Диоптрия 56
Дисперсия и стандарт 56
Дифракция света 56
Длина волны 57
Длина хода 57
Длиномер АД-1 57
Домер 58
Допуск технический 184
- Жидкость гидростатическая 58**
- Закон нормального распределения 59**
Замыкание приема измерений 61
Засечка линейная 61
— угловая обратная 61
— — прямая 62
Зенит 63
Знаки геодезические (разборные) 154
Знаки и центры геодезические 36
Зрение стереоскопическое 66
Знаки условные внеслужебные 198
— — масштабные 198
— — пояснительные 198
- Избыток сферический 167**
Измерения равноточные и неравноточные 66
Изобары 66
Изобаты 66
Изогоны 66
Инвар 67
Интерференция 70
Интерферометр 70
- Калибровка 73, 74**
Калька высот 74
— контуров 75
Картограмма 76
Картография 76
Кипрегель 76
Коллектор 77
Коллиматор 77
Компаратор 78
Компарирование мерных приборов 79
Компас 80
Компенсатор нивелира гидромеханического 80
Конденсатор Керра 80
Координатограф 82
Координаты 82
Корреляция 84
Костыль нивелирный 107
Коэффициент земной рефракции 84
— нитяного дальногомера 84
Кремальера 85

- Кривая переходная 123
 Кривые круговые горизонтальные 85
 — — вертикальные 85
 Круг вертикальный 24
 — горизонтальный 47
 — угломерный 191
 Крутизна ската 85
 Кручение знака 86
 Курвиметр 86
- Лазер** 87
 Лента мерная 90
 Линейка контрольная 82
 — масштабная 97
 Линия визирования 92
 — нулевых работ 92
 — отвесная 117
 — проектная 146
 — ходовая 204
 Лист центрировочный 205
 Лот 95
- Марки нивелирные** 95
 — осадочные 95
 — полигонометрические 95
 Масштаб 96, 97
 Межень 98
 Мензула 98
 Меридиан астрономический 99
 — географический 100
 — геодезический 100
 — гринвичский 100
 — магнитный 100
 — осевой 100
 Место зенита 100
 — нуля 100
 Метр 100
 Микрометр окулярный 101
 Микроскоп отсчетный 119
 Модель местности цифровая 206
 Модулятор света 102
 Модуляция 102, 103
- Наметка** 104
 Невязка 104
 Нивелир 105
 Нивелирование 107, 109, 110, 197
 Номенклатура топографических карт
 и планов 110
 Нормаль к поверхности в данной точке 112
 Нуль строительный 167
- Обноска** 113
 Обоснование съемочное постоянное 138
 Ожидание математическое 98
 Окуляр 114, 115
 Ориентирование линий 115
 Ось визирная 116
 — вращения прибора 116
- Ось магнитная стрелки буссоли 103
 — разбивочная 117
 — сооружения линейного типа 117
 Отвес 117
 Откраска 118
 Отметка проектная 118
 — рабочая 118
 — точки нулевых работ 118
 — строительного нуля 118
 — фактическая 118
 Отражатель светодальномера 118
- Пантограф** 121
 Параллакс сетки нитей 121
 Параллель 122
 Пикет 123
 Пикетаж 123, 124
 План генеральный 33
 — красных линий 124
 — топографический 185
 — трассы 124
 Планиметр полярный 124
 Плоскость вертикальная 126
 — горизонтальная 126
 — коллимационная 77
 Поверки геодезических приборов 126
 Поверхность уровня 196
 Погрешности измерений 133
 Погрешность вероятная 134, 135
 — функции
 Показатель преломления воздуха 135
 Поле зрения глаза 135
 — магнитное Земли 95
 Полигон геодезический 135
 — замкнутый 61
 Полигонометрия 53, 135, 162
 Полюсы географические 137
 — магнитные 137
 Поправка 137
 Пост водомерный 28
 Постоянная дальномера 137
 Приборы геодезические 37, 92, 140, 192
 — лазерные 88
 — фотограмметрические 199
 Приспособления разбивочные 151
 Проложение горизонтальное 47
 Профиль трассы 137, 142
 Пункт азимутный 15
 — астрономический 147
 — геодезический 148
 — исходный 73
 — ориентирный 116
- Радииан** 148
 Радиодальномер 148
 Радиус Земли средний 148
 Радиус круговой кривой вертикальной 148, 149
 — кривизны световой траектории 149
 Радиус переходной кривой 149

- Расстояние зенитное 63
 — фокусное 199
 Редуцирование линии на поверхность
 относимости 153
 Рейки 22, 148, 156
 Рекогносцировка 157
 Рельеф 157
 Рен оптического микрометра 157
 Репер 158, 159
 Референц-эллипсоид 159
 Рефракция света 159
 Румб 160
 Рулетки металлические 160

 Сближение меридианов 33, 161
 Светодалномер 118, 141, 161
 Серпантин 162
 Сети геодезические сгущения 38
 Сетка нитей 162
 Сеть геодезическая 33, 38, 147
 — — строительная 166
 Сила тяжести Земли 163
 Склонение магнитной стрелки 164
 Скорость света 164
 Способность глаза разрешающая 155
 Средина арифметическая общая 113
 Срезка уровней 164
 Створ 165
 Ступень барическая 19
 Сфера небесная 104
 Схема ходов 168
 Съёмка буссольная 22
 — вертикальная площадная 168
 — глазомерная 46
 — ситуации 173
 Съёмки исполнительные 171, 172, 173
 — топографические 174

 Тахеограф 177
 Тахеометр 177
 Теодолит 42, 181
 Топография 185
 Торсион 185
 Точка аналитическая 186
 — анналитическая 186
 — геометрическая 186
 — закладная 186
 — контурная 82
 — нулевых работ 186
 — опорная 115
 — переходная 186
 — реверсии 186
 — реечная 186
 — узловая 187
 — фиксированная 187
 Точки базисные 19
 — кривой главные 45
 Трассоискатели 188
 Трегер 189
 Треугольник параллактический 189
 — сферический 167
 Триангуляция 190

 Трилатерация 190
 Труба зрительная 63

 Увеличение зрительной трубы 191
 Углы треугольников связующие 162
 Угол вертикальный 192
 — дирекционный 56
 — засечки 193
 — параллактический 193
 — поля зрения 193
 Уклон 139, 147, 193
 Уклонение отвесной линии 194
 Уровень 195, 196
 Ускорение свободного падения 196

 Фокус линзы 197
 Фокусировка изображения 198
 Фотограмметрия 201
 Фотоплан 202
 Фотосхема 203
 Фототеодолит 203
 Фототриангуляция 203
 Футшток 203

 Ход висячий 27
 — магистральный 94
 — мензурный 99
 — нивелирный 107
 — полигонометрический 136
 — тахеометрический 181
 — теодолитно-нивелирный 183
 — теодолитный 183

 Цапфы 204
 Цель визирная 26
 Цена деления 204
 Центрир 205
 Центрировка и редукция 205
 Центры трубчатые 191

 Чертеж разбивочный 153
 Четырёхугольник геодезический 39
 Чувствительность глаза спектральная
 206
 — оптико-механического компенсатора 207
 — уровня 207

 Шагомер 208
 Шпильки землемерные 208
 — исправительные 208

 Экватор 209
 Эккер 209
 Экзаменатор уровней 210
 Эклиметр 210
 Элементы круговых кривых 210
 Эксцентриситет 210, 211
 Эффект Поккельса 211
 Эхолот 212

 Юстировка геодезического прибора
 212
 Ячейка Керра 212