

Лекция 8-9. Теодолиты. Устройство и поверки. Типы теодолитов

Методы геодезических измерений. Общие сведения об измерениях. Линейные и угловые измерения. Геодезические измерения подразделяются на угловые и линейные. При проведении угломерных измерений определяют горизонтальные углы и углы наклона.

В основу приборов для измерения углов положены следующие соображения. Пусть требуется измерить горизонтальную проекцию угла ABC, стороны AB и BC не являются горизонтальными (рис. 19). Проведем через стороны вертикальные плоскости P_1 и P_2 , которые при пересечении с горизонтальной плоскостью Q оставляют следы ab и bc, являющиеся горизонтальными проложениями линий AB и BC. Угол β , заключенный между линиями ab и bc, является горизонтальной проекцией угла ABC и получен путем ортогонального проектирования сторон AB и BC на горизонтальную плоскость Q. Горизонтальный угол abc можно измерить при помощи горизонтального круга Q' , имеющего градусные деления.

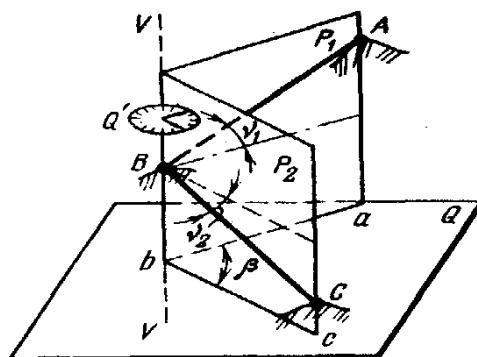


Рис.19

Для измерения углов наклона v_2 и v_1 сторон BC и BA по аналогии можно использовать имеющий градусные деления вертикально расположенный круг, центр которого совпадает с вершиной угла ABC.

Приведенные геометрические построения положены в основу конструкции прибора для измерения углов, называемого теодолитом.

В зависимости от точности измерения горизонтальных углов теодолиты могут быть разделены на 3 типа:

1. Высокоточные T1, предназначенные для измерения углов в триангуляции и полигонометрии 1 и 2 классов.
2. Точные T2 – для измерения углов в триангуляции и полигонометрии 3 и 4 классов; T5 – для измерения углов в триангуляционных сетях и полигонометрии 1 и 2 разрядов и производства маркшейдерских работ на поверхности.
3. Технические T5, T30 и T60 – для измерения углов в теодолитных и тахеометрических ходах и съемочных сетях, а также для выполнения маркшейдерско-геодезических работ на поверхности

В инженерной практике наибольшее распространение получили оптические теодолиты типов T30, T15 и T5.

Перед началом измерений теодолит необходимо тщательно осмотреть и проверить, так как даже серийно выпускаемые приборы имеют свои индивидуальные особенности. В первую очередь производят проверку и регулировку его механических деталей, обращая внимание на состояние и работу всех винтов прибора: подъемных, зажимных и наводящих винтов лимба и алидады, наводящего винта уровня вертикального круга, исправительных (юстировочных) винтов уровней, колонок, сетки нитей и т.п. Вращение лимба и алидады должно быть плавным, без заеданий и колебаний. Горизонтальный и вертикальный угломерные круги не должны иметь механических повреждений; изображения делений шкал и сетки нитей должны быть четкими. Зрительная труба должна быть уравновешенной и иметь свободное вращение.

В соответствии с принципом измерения горизонтального угла конструкция теодолита должна удовлетворять следующим основным геометрическим условиям (рис. 20):

1. Ось цилиндрического уровня U_1U_1 должна быть перпендикулярна к оси вращения теодолита ZZ .
2. Визирная ось зрительной трубы VV должна быть перпендикулярна к горизонтальной оси теодолита (оси вращения трубы) HH .
3. Горизонтальная ось теодолита HH должна быть перпендикулярна к оси вращения теодолита ZZ .

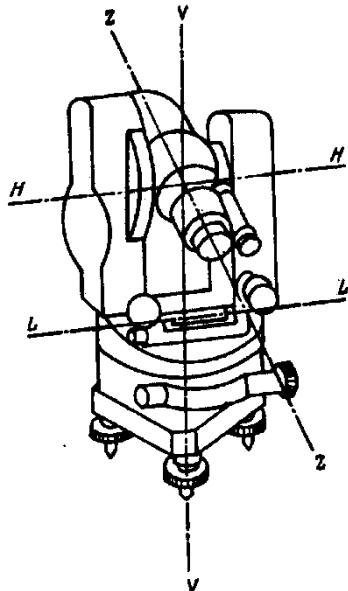


Рис. 20

Дополнительные геометрические условия вытекают из теории измерения вертикальных углов.

Действия, имеющие целью установить соблюдение предъявляемых к конструкции прибора геометрических условий, называются поверками. Для обеспечения выполнения нарушенных условий производят юстировку (регулировку) прибора. Основные поверки и юстировки технических теодолитов.

1. Проверка цилиндрического уровня. Ось цилиндрического уровня алидады горизонтального круга должна быть перпендикулярна к оси вращения теодолита.

Перед выполнением следующих поверок необходимо тщательно привести ось вращения теодолита в отвесное положение по исправленному цилиндрическому уровню; эта операция называется горизонтированием теодолита.

2. Проверка положения коллимационной плоскости. Визирная ось зрительной трубы должна быть перпендикулярна к горизонтальной оси теодолита.

3. Проверка положения горизонтальной оси теодолита. Горизонтальная ось теодолита должна быть перпендикулярна к оси вращения теодолита.

Для измерения горизонтального угла в его вершине устанавливают теодолит и приводят его в рабочее положение. Направление угла обозначают вехами, установленными на соседних точках. Установка теодолита в рабочее положение состоит из двух операций: центрирование и горизонтирование. После приведения теодолита в рабочее положение визируем трубу на веху установленную справа от вершины угла, затем на веху установленную слева. Учитывая, что деления на лимбе возвращаются по часовой стрелке, угол полученный как разность отсчётов на правую и левую точки, называется правым углом ($\beta_{\text{пр}}$). В том случае, если отсчёт на правую точку окажется меньше отсчёта на левую точку, то к нему прибавляют 360° . Левый угол ($\beta_{\text{л}}$) является дополнением правого угла до 360° (рис. 21).

Однократный результат измерения угла (при одном положении вертикального круга) может содержать грубые погрешности в измерении, вызванные невниманием исполнителя, инструментальные погрешности. Поэтому, чтобы обнаружить грубые промахи в измерениях и исключить влияние инструментальных погрешностей, горизонтальный угол измеряют повторно при втором положении вертикального круга. Такое двухкратное изменение угла с изменением

положения лимба называют полным приёмом, а каждое из измерений (наприме при КП или КЛ) – плуприёмом.

Углы наклона измеряют при положении теодолитных ходов для определения превышения между точками, для вычисления горизонтальных проложений, а также при съёмке рельефа местности.

Отсчёт по вертикальному кругу, соответствующий горизонтальному положению визирной оси зрительной трубы, когда пузырёк уровня выведен на середину, принято называть местом нуля,

$$\underline{KП + KЛ + 180}$$

обозначаемым МО. Место нуля определяется по формуле: $MO = \frac{KП + KЛ + 180}{2}$, после определения МО по формуле вычисляем угол наклона $v = KЛ - MO$

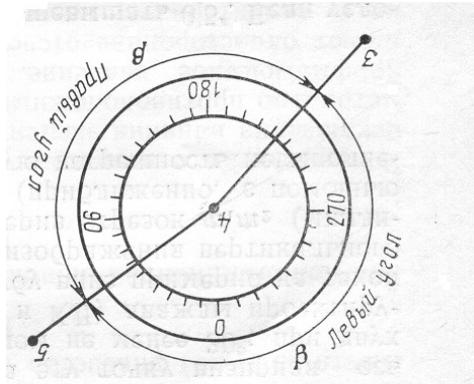


Рис. 21

Целью линейных измерений является определение горизонтальных расстояний (проложений) между точками местности. Длины линий местности в геодезии измеряются непосредственным либо косвенным способами; каждому из этих способов присущи свои приборы и методы измерений.

Непосредственный способ основан на непосредственном измерении линий местности механическими линейными приборами, к которому относятся мерные ленты, рулетки и проволоки. Процесс измерения длин линий непосредственным способом состоит в последовательном откладывании мерного прибора в створе линии. При измерении линии по наклонной местности определяются углы наклона v , используемые для вычисления горизонтальных проложений. При небольших углах наклона не требуется высокой точности для их определения, поэтому измерение таких углов наклона может производится прибором невысокой точности, называемым эклиметром. Формула по которой вычисляют горизонтальное проложение

$$s = Scos v$$

При косвенном способе длина линии определяется как функция установленных геометрических или физических соотношений. Геометрические соотношения используют для аналитических вычислений искомых расстояний по измеренным базисам и углам, а также в оптических дальномерах. Физические соотношения для измерения расстояний положены в основу конструкции электро-физических приборов – светодальномеров и радиодальномеров.

В настоящее время в геодезии и маркшейдерском деле все большее распространение получают электрофизические приборы для определения расстояний, основанные на принципах электронного измерения времени распространения электромагнитных волн между конечными точками измеряемой линии. В зависимости от вида электромагнитных колебаний такие приборы подразделяются на светодальномеры и радиодальномеры.

В зависимости от назначения и вида геодезических работ, требований к их точности, а также условий измерений могут применяться те или иные способы или приборы для измерения длин линий.

Теодолитные и топографические съемки. Общие сведения о топографических съемках. Виды топографических съемок. Выбор масштаба съемки и высоты сечения рельефа.

Плановое и высотное обоснование топографических съемок. Полевые работы и вычисления координат. Способы съемки ситуации. Съемка рельефа.

Совокупность действий, выполняемых на местности с целью получения плана, карты или профиля, называется съемкой. Основными действиями при съемках являются геодезические измерения: линейные, угловые, в результате которых, определяются расстояния между точками местности позволяющие определять горизонтальные и вертикальные углы между направлениями на заданные точки; высотные или нивелирование, в результате которых определяются превышения между точками местности.

Если съемка производится для получения плана с изображением ситуации, то ее называют горизонтальной или плановой. Съемка, в результате которой должен быть получен план или карта с изображением ситуации и рельефа, называется топографической. При топографической съемке наряду с другими действиями производят измерения с целью определения высот точек местности, т.е. нивелирование. В зависимости от применяемых приборов и методов различают следующие виды съемок.

Теодолитная съемка – это горизонтальная съемка местности, выполняемая с помощью угломерного прибора – теодолита и стальной мерной ленты (или оптического дальномера). При выполнении этой съемки измеряются горизонтальные углы и расстояния. В результате съемки получают ситуационный план местности с изображением контуров и местных предметов.

Тахеометрическая съемка выполняется тахеометрами, т.е. теодолитами, снабженными вертикальными кругами и дальномерами. При этом на местности измеряют горизонтальные и вертикальные углы и расстояния до точек. По результатам измерений в камеральных условиях строится топографический план местности. Данный вид съемки получил широкое распространение в инженерной практике.

Мензульная съемка производится при помощи мензулы – горизонтального столика и кипрегеля – специального углоизмерительного прибора, снабженного вертикальным кругом и дальномером. В процессе этой съемки топографический план местности составляется непосредственно в поле, что позволяет сопоставлять полученный план с изображаемой местностью, обеспечивая тем самым своевременный контроль измерений. В этом заключается достоинство мензульной съемки по сравнению с тахеометрической.

Наземная фототопографическая съемка выполняется фототеодолитом, представляющим собой сочетание теодолита и фотокамеры. Путем фотографирования местности с двух точек линии (базиса) и последующей обработки фотоснимков на специальных фотограмметрических приборах получают топографический план снимаемого участка местности. Данная съемка применяется при дорожных, геологических и других изысканиях в горной местности и в маркшейдерском деле при съемках карьеров.

Воздушная фототопографическая съемка производится специальными аэрофотоаппаратами, устанавливаемыми на самолетах. Для обеспечения этой съемки на местности выполняются определенные геодезические измерения, необходимые для планово-высотной привязки аэроснимков к опорным точкам местности. Данный вид съемок является наиболее прогрессивным, допускающим широкую механизацию и автоматизацию производственных процессов; он позволяет в кратчайшие сроки получить топографические планы (карты) значительных территорий страны.

Нивелирование (вертикальная или высотная съемка) производится с целью определения высот точек земной поверхности. Нивелирование бывает: а) геометрическое, выполняемое с помощью приборов – нивелиров, обеспечивающих горизонтальное положение визирного луча в процессе измерений; б) тригонометрическое, выполняемое при помощи наклонного луча визирования; в) барометрическое, основанное на физическом законе изменения атмосферного давления с изменением высот точек над уровнем моря; выполняется с помощью барометров; г) гидростатическое, основанное на свойстве жидкости в сообщающихся сосудах устанавливаться на одинаковом уровне; выполняется с помощью шланговых нивелиров и применяется при наблюдении за осадками сооружений, для передачи отметок через водные преграды, при монтаже технологического оборудования в стесненных условиях и т.д.; д) механическое, выполняемое при помощи профилографов-автоматов; такое нивелирование дает возможность автоматически получать профиль нивелируемой местности и определять отметки отдельных точек.

Глазомерная съемка – контурная съемка местности, выполняемая на планшете с компасом при помощи визирной линейки. При сочетании глазомерной съемки с барометрическим нивелированием можно получить топографический план местности. Глазомерная съемка с самолета (вертолета) называется аэровизуальной. В инженерной практике данная съемка применяется при предварительном ознакомлении с местностью, а также при изысканиях в неисследованных районах.

Буссольная съемка производится с помощью буссоли и мерной ленты для получения ситуационного плана местности. В качестве самостоятельной буссольной съемки в настоящее время не применяются; иногда она используется для съемки небольших участков местности как вспомогательная при видах съемок.

Теодолитная съемка

Сущность теодолитной съемки. Организация геодезических работ. Абрис. Вычисление координат вершин теодолитных ходов.

Построение координатной сетки и накладка точек. Построение на плане ситуации. Оформление плана.

Теодолитной называется горизонтальная (контурная) съемка местности, в результате которой может быть получен план с изображением ситуации местности (контуров и местных предметов) без рельефа. Теодолитная съемка относится к числу крупномасштабных (масштаба 1:5000 и крупнее) и применяется в равнинной местности в условиях сложной ситуации и на застроенных территориях: в населенных пунктах, на строительных площадках, промплощадках горных предприятий, на территориях железнодорожных узлов, аэропортов и т.п. В качестве планового съемочного обоснования при теодолитной съемке обычно используется точки теодолитных ходов.

Теодолитные ходы представляют собой системы ломаных линий, в которых горизонтальные углы измеряются техническими теодолитами, а длины сторон – стальными мерными лентами и рулетками либо оптическими дальномерами. По точности теодолитные ходы подразделяются на разряды: ходы 1 разряда – с относительной погрешностью не ниже 1:2000, 2 разряда – не ниже 1:1000. Обычно теодолитные ходы нужны не только для выполнения съемки ситуации местности, но и служат геодезической основой для других видов инженерно-геодезических работ. Теодолитные ходы развиваются от пунктов плановых государственных геодезических сетей и сетей сгущения.

По форме различают следующие виды теодолитных ходов: 1) разомкнутый ход, начало и конец которого опираются на пункты геодезического обоснования (рис.6а); 2) замкнутый ход (полигон) – сомкнутый многоугольник, обычно примыкающий к пункту геодезического обоснования (рис.6,б); 3) висячий ход, один из концов которого примыкает к пункту геодезического обоснования, а второй конец остается свободным (рис.6,в).

Форма теодолитных ходов зависит от характера снимаемой территории. Так, для съемки полосы местности при трассировании осей линейных объектов (дорог, трубопроводов, ЛЭП и т.п.) прокладывают разомкнутые ходы. При съемках населенных пунктов, строительных площадок, промплощадок предприятий и других обычно по границе участка прокладывают замкнутый полигон. При необходимости внутри полигона прокладывают диагональные ходы, которые могут образовывать узловые точки (см. рис. 6,б). Проложение висячих теодолитных ходов допускается лишь в отдельных случаях при съемке неответственных объектов; при этом длина висячего хода не должна превышать 300 м при съемках масштаба 1:2000 и 200 м – масштаба 1:1000.

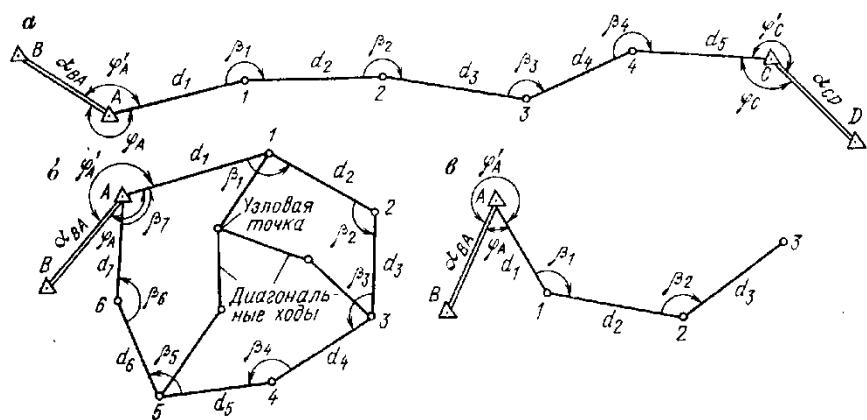


Рис. 6

Теодолитная съемка слагается из подготовительных, полевых и камеральных работ. Наибольший объем приходится на полевые работы, которые включают в себя рекогносцировку снимаемого участка, прокладку теодолитных ходов и полигонов, их привязку к пунктам геодезической опорной сети и съемку ситуации.

Камеральные работы при теодолитной съемке слагаются из вычислений и графических построений. В результате вычислений определяют плановые координаты вершин теодолитных ходов; конечной целью графических построений является получение ситуационного плана местности.

Измеренные углы и длины сторон теодолитных ходов содержат неизбежные случайные погрешности. В связи с накоплением этих погрешностей возникают несогласие измеренных либо вычисленных результатов с теоретическими, которые называются невязками. В зависимости от требуемой точности величины фактических невязок не должны превышать определенных величин. При обработке результатов измерений возникшие невязки должны быть определенным образом распределены между измеренными (вычисленными) величинами. Процесс распределения распределены между невязок и вычисления исправленных значений величин называется увязкой или уравниванием результатов измерений.

Камеральную обработку результатов измерений, выполненных при прокладке теодолитных ходов, начинают с проверки и обработки полевых журналов. Повторно выполняют все вычисления, сделанные в поле, и выводят средние значения измеренных углов (с округлением до $1''$) и длин сторон (до 0,01 м). Затем составляют схему теодолитных, ориентированную по сторонам света. У вершин подписывают средние значения горизонтальных углов, а возле каждой стороны – ее горизонтальную длину. На схему наносят также пункты геодезической сети, к которым осуществлялась привязка теодолитных ходов, координаты исходных пунктов и дирекционные углы исходных сторон.

Вычислительные работы по определению координат вершин теодолитного хода включают в себя: 1) обработку угловых измерений и вычисление дирекционных углов сторон; 2) вычисление горизонтальных проекций сторон; 3) вычисление приращений координат и координат вершин хода. Все вычисления ведутся в специальной ведомости. Вычислительные работы для замкнутых и разомкнутых (диагональных) ходов имеют свою специфику.

Графические работы состоят в построении плана теодолитной съемки на основе координат вершин теодолитного хода и абрисов съемки ситуации. Составление плана выполняется в следующей последовательности: 1) построение координатной сетки; 2) накладка теодолитного хода на план; 3) нанесение ситуации; 4) оформление плана.

Построение координатной сетки. Построение координатной сетки является ответственной задачей, требующей особого внимания и аккуратности. От точности построения сетки во многом зависит точность нанесения ситуации, а следовательно, и точность решаемых по плану инженерно-геодезических задач.

Для планов масштабов 1:10000 и крупнее стороны квадратов координатной сетки принимают равными 10 см. Построение сетки может быть выполнено при помощи циркуля-измерителя (или штангенциркуля) и масштабной линейки, линейки Дробышева, а также координатором.

Координатную сетку подписывают в соответствии с координатами точек теодолитного хода. Для этого берут минимальное и максимальное значения x и y , которые использовались для нахождения числа квадратов сетки по осям x и y . У нижней горизонтальной линии подписывают минимальное значение абсцисс, а у верхней крайней линии – максимальное значение. Промежуточные горизонтальные линии сетки имеют абсциссы, кратные длине стороны квадрата сетки. При оцифровке сетки следует помнить, что значения абсцисс возрастают снизу вверх, а ординат – слева направо.

Нанесение на план точек теодолитного хода и ситуации. Оформление плана. Нанесение на план точек теодолитного хода производится по их вычисленным координатам. Для этого сначала определяют квадрат сетки, в котором должен находиться пункт. Далее на противоположных сторонах этого квадрата циркулем-измерителем с использованием поперечного масштаба откладывают отрезки, соответствующие разностям одноименных координат точки и «младших» сторон квадрата. Точки отложения отрезков на сторонах квадрата попарно соединяют линиями, пересечения которых дает положение наносимого на план пункта. Для контроля производят повторное нанесение того же пункта относительно «старших» сторон квадрата.

Контрольные вопросы:

1. С чего начинается полевые работы при теодолитной съемке?
2. Назовите самый распространенный способ съемки ситуации?
3. С чего начинается обработка результатов теодолитной съемки?
4. Чему равна теоретическая сумма углов $\sum \beta_t$ замкнутого теодолитного хода?
5. С чего начинают построения плана теодолитной съемки?
6. Как контролируется правильность накладки на план точек теодолитного хода?