**Нивелирование: цели, задачи, виды**

Нивелир-ние-вид геодез измер,в рез кот опр превыш точек и их высоты над уровенн поверхн. Виды: 1)геометрич –превыш опр с пом горизонт луча визир-ния (для этого исп нивелир) с использ спец нивелирн реек.2)Тригонометрич-с пом наклонного луча визир,т.е. с пом теодолита.(при этом измер угол наклона и расст между 2 т).3)Физическое-при кот превыш опр с использ физич приёмов.(физич нивелиры: гидростатич,барометрич и радиолакционные).4)Автоматич-с пом спец техники,кот устанавл на автомобиль.(исп при нивелир дорог). При изучении фигуры Земли высоты точек земной поверхности определяют не над уровнем моря, а относительно поверхности *референц-эллипсоида* и применяют методы астрономического или *астрономо-гравиметрического нивелирования.*Нив-ние произв для изуч форм рельефа, опр высот точек при проектир, стр-ве и эксплуатац разл инженерн сооруж. Рез-ты нивелир-ния имеют большое знач для реш научных задач как самой геодезии, так и др наук о Земле.

**Абсолютные и относительные высоты**

*Абсолютная высота* - высота любой точки земной поверхности над уровнем океана. Она бывает положительной (местность лежит выше уровня океана) и отрицательной (местность расположена ниже уровня океана). Положительную абсолютную высоту имеет большая часть суши. В России абсолютные высоты отсчитываются от уровня Балтийского моря у Кронштадта. *Относительная высота* - это превышение одной точки земной поверхности над другой. Она показывает, на сколько одна точка земной поверхности расположена выше или ниже другой. Абсолютные и относительные высоты характеризуют расчлененность рельефа.

**Геометрическое нивелирование: цели, задачи**

**Геометрическое нивелирование** производится горизонтальным визирным лучом, который получают чаще всего при помощи приборов, называемых нивелирами. Точность геометрического нивелирования характеризуется средней квадратической погрешностью нивелирования на 1 км двойного хода равной от 0.5 до 10.0 мм в зависимости от типа используемых приборов

**Способы геометрического нивелирования**

Геометрическое нивелирование выполняется горизонтальным лучом визирования. Перед нивелированием точки на местности закрепляют колышками, костылями, башмаками, на которые устанавливают вертикально нивелирные рейки. Место установки нивелира для работы называют станцией, а расстояние от нивелира до рейки - плечом нивелирования.

Рис.30. Способы геометрического нивелирования: а - из середины; б – вперед

Различают ***два способа геометрического нивелирования***: из середины и вперед. При нивелировании из середины (рис.30а) нивелир устанавливается примерно на равных расстояниях от реек, поставленных на точки А и В, а превышение вычисляют по формуле:

h = a - b,

где а и b - отсчеты в мм по рейкам, установленным соответственно на задней по ходу движения при нивелировании и передней точках.

Знак превышения h получится положительным, если а больше b, и отрицательным, если а меньше b. Если известна высота НА задней точки А, то высота передней точки В

НВ = НА + h.

При нивелировании вперед нивелир ставят так, чтобы его окуляр находился над точкой А, измеряют высоту прибора i, затем визируя на рейку, отвесно поставленную в точке В, берут отсчет b. В этом случае:

h = i - b.

При нивелировании нескольких точек для вычисления их высот используют горизонт прибора, которым называют высоту горизонтальной линии визирования, т.е. горизонт прибора равен высоте точки, на которой установлена рейка, плюс отсчет по рейке. Из рис. 30 б следует:

ГП = HA + i; НB = ГП - b.

Последовательное нивелирование применяется для измерения превышений между точками А и D, разделенными значительным расстоянием или превышениями.

**Нивелирование вперёд**

При нивелировании вперед нивелир ставят так, чтобы его окуляр находился над точкой А, измеряют высоту прибора i, затем визируя на рейку, отвесно поставленную в точке В, берут отсчет b. В этом случае:

h = i - b.

При нивелировании нескольких точек для вычисления их высот используют горизонт прибора, которым называют высоту горизонтальной линии визирования, т.е. горизонт прибора равен высоте точки, на которой установлена рейка, плюс отсчет по рейке.

ГП = HA + i; НB = ГП - b.

Последовательное нивелирование применяется для измерения превышений между точками А и D, разделенными значительным расстоянием или превышениями.

а - из середины;

**Нивелирование из середины**

При нивелировании из середины (рис.30а) нивелир устанавливается примерно на равных расстояниях от реек, поставленных на точки А и В, а превышение вычисляют по формуле:

h = a - b,

где а и b - отсчеты в мм по рейкам, установленным соответственно на задней по ходу движения при нивелировании и передней точках.

Знак превышения h получится положительным, если а больше b, и отрицательным, если а меньше b. Если известна высота НА задней точки А, то высота передней точки В

НВ = НА + h.

**Установка нивелира в рабочее положение**

Для установки нивелира в рабочее положение его закрепляют на штативе становым винтом и вращением сначала двух, а затем третьего подъемных винтов приводят пузырек круглого уровня на середину. Отклонение пузырька от середины допускается в пределах второй окружности. В этом случае диапазон работы элевационного винта позволит установить пузырек цилиндрического уровня в нульпункт и установить визирную ось зрительной трубы в горизонтальное положение при соблюдении главного условия (для нивелира с цилиндрическим уровнем UU1 WW1). Приближенное наведение на нивелирную рейку выполняют с помощью мушки, расположенной сверху зрительной трубы. Более точное наведение осуществляют вращением наводящего винта зрительной трубы, которую перед отсчетом по рейке предварительно устанавливают по глазу (вращением окуляра) и по предмету (вращением кремальеры) для четкого совместного изображения сетки нитей и делений на нивелирной рейке. Перед отсчетом по средней нити тщательно совмещают концы пузырька цилиндрического уровня в поле зрения трубы, медленно вращая элевационный винт.

**Тригонометрическое нивелирование**

Тригонометрическое нивелирование называют также геодезическим или нивелированием наклонным лучом. Оно выполняется теодолитом; для определения превышения между двумя точками нужно измерить угол наклона и расстояние. В точке А устанавливают теодолит, в точке В - рейку или веху известной высоты V. Измеряют угол наклона зрительной трубы теодолита при наведении ее на верх вехи или рейки. Ошибка измерения превышения из тригонометрического нивелирования оценивается величиной от 2 см до 10 см на 100 м расстояния. При последовательном измерении превышений получается высотный ход; в высотном ходе углы наклона измеряют дважды: в прямом и обратном направлениях.

**Технология полевых работ при определении высот точек методом тригонометрического нивелирования**

Метод съемки – полярный, в качестве полюса используют точки теодолитного хода.

Минимальное расстояние между пикетными точками – 15-20 м, изгибы контуров менее 15 см обобщаются.

Работа на станции при съемке реечных точек теодолита выполняется в следующем порядке:

1. Перед началом работ составляют абрис (схематичный чертеж ситуации, которая подлежит съемке с этой точки). На абрисе указывают положение точек обоснования, с которых выполняется съемка, снимаемые контуры и точки.

2. После составления абриса теодолит устанавливают над точкой съемочного основания, приводят его в рабочее положение, измеряют высоту инструментом, определяют МО и записывают в журнал положение круга, при котором будет выполняться съемка, значение МО и высоты инструмента.

3. Совмещают 0 лимба с 0 алидады, закрепляют алидаду, открепляют лимб и наводимся на соседнюю точку обоснования, закрепляем лимб, открепляем алидаду и начинаем выполнять съемку.

4. В снимаемой точке ставят рейку, наводят среднюю нить сетки нитей на высоту инструмента и берут отсчет по вертикальному и горизонтальному кругу и нитяному дальномеру. Данные записывают в журнал.

5. Если по условиям местности невозможно навестись на высоту инструмента, наводятся на любой удобный отсчет, который затем учитывается в формуле вычисления превышения этой точки. При съемке контурных точек отсчет по вертикальному кругу не берется.

После того, как будут отсняты все пикеты, снова наводятся на нулевое направление и определяется незамыкание.

**Тахеометрическая съёмка**

***Сущность тахеометрической съемки*** заключается в том, что плановое положение характерных (реечных) точек местности определяется полярным способом от линии теодолитного хода, а их высотное положение определяется одним из двух методов: геометрическим или тригонометрическим нивелированием. Расстояние от прибора до реек зависит от масштаба составляемого топоплана и для масштаба 1:1000 - допускается до 150 м, а между соседними реечными точками менее 35 м.

Результаты съемки наносятся на план при помощи транспортира с погрешностью превышающей 8 минут, а полярные расстояния до реечных точек определяются на местности по нитяному дальномеру со средней относительной погрешностью ΔD/D = 1/200. При определении расстояний одну из дальномерных нитей совмещают с началом дециметрового деления на рейке (обычно с 1000 мм), а по второй дальномерной нити берут отсчет. Разность отсчетов на рейке по верхней и нижней дальномерным нитям умноженная на коэффициент дальномера, равный 100, и будет соответствовать расстоянию от прибора до рейки.

Рис.41.1.Определение расстояния по нитяному дальномеру

При тахеометрической съемке высоты реечных точек в зависимости от условий местности получают при горизонтальном визировании (геометрическое нивелирование способом "вперед") или наклоном (тригонометрическое нивелирование). Используемые при этом формулы могут быть получены из рис. 41.2.

При геометрическом нивелировании способом "вперед" сначала определяют горизонт прибора ГП = Нст+I. Затем устанавливают на вертикальном круге теодолита отсчет равный МО. Высоты реечных точек вычисляют по формуле

Нi= ГП - аi,

где аi - отсчеты по рейке при горизонтальном визировании.

При тригонометрическом нивелировании реечных точек при КЛ наводят среднюю нить сетки на отсчет Vj (для упрощения последующих вычислений по возможности отсчет Vj должен быть равен высоте прибора I), снимают отсчет Л по ВК и вычисляют угол наклона

ν = Л - МО.

Наклонное расстояние D от прибора до реечной точки определяют по штриховому (нитяному) дальномеру. Так как вертикально (отвесно) установленная рейка не перпендикулярна визирному лучу на величину угла наклона ν, то

D = D' cosν,

d = D' cos2ν,

где D' - расстояние, определяемое по штриховому дальномеру и отвесно установленной рейке.

Тогда из прямоугольного треугольника (рис.41.2), у которого определены D и ν, так называемое "неполное" превышение

h'= D sinν = D' cosν sinν = (1/2)D' sin2ν

или

h'= d tgν = D' cos2ν sinν/cosν = (1/2)D'sin2ν.

На равнинной местности при углах наклона ν < 5 "неполное" превышения можно вычислять по приближенной формуле:

h'= D' sinν.

Высоты реечных точек, определяемых тригонометрическим нивелированием, вычисляются по формуле:

Hj= Hст+ h' + I - Vj.

Если высота наведения Vj равна высоте прибора I, то формула вычисления высот упрощается

Hj= Hст+ h'.

**Последовательность полевых и камеральных работ при тахеометрической съёмке**

Полевые работы при тахеометрической съемке на станции включают следующие действия:

- установку прибора над точкой с известными координатами и приведение его в рабочее положение (допускается выполнять центрирование с погрешностью до 3 см, т.е. на порядок грубее, чем при измерении горизонтальных углов);

- определение место нуля вертикального круга (п.28);

- составление абриса на станции с указание на нем положения реечных точек;

- измерение высоты прибора с погрешностью 1-2 см;

- ориентирование нуля лимба горизонтального круга на соседнюю точку съемочного обоснования, координаты которой известны;

- наблюдение реечных точек при КЛ: определение расстояния от прибора до рейки по дальномеру, снятие отсчетов по горизонтальному и вертикальному кругам при наведении средней горизонтальной нити на определенный отсчет, например Vj = I;

- вычисление углов наклона, неполных превышений и высот реечных точек по формулам

ν = Л - М0,

h'= 0.5 D' sin2ν,

Hj= Hст+ h' + I - Vj.

Если рельеф местности позволяет брать отсчет по рейке горизонтальным лучом визирования (в этом случае отсчет по ВК должен быть равен М0), то высоты реечных точек

Нi= ГП - аi,

где ГП - горизонт прибора ГП = Нст+ I; аi - отсчет по рейке горизонтальным лучом визирования.

Результаты измерений и вычислений записывают в журнал тахеометрической съемки (табл.41).

При камеральной обработке проверяют журналы тахеометрической съемки и исправляют ошибки вычислений. Затем с помощью тахеографа наносят на план пикетные (реечные) точки по значениям полярных углов и расстояний. Около пикетных точек выписывают их номера и высоты. В соответствии с абрисами рисуют на плане контуры угодий, элементы ситуации и обозначают их условными знаками. Для отображения рельефа проводят горизонтали.

**Порядок работы на станции при тахеометрической съёмке**

Порядок работы на станции.

1. Приведение прибора в рабочее положение (центрирование, горизонтирование)

2. Определение места нуля

3. Измерение высоты прибора в см (фиксируется на рейеке)

4. Ориентирование

При КЛ ориентируют лимб теодолита на предыдущую точку хода, с этой целью 0 лимба совмещают с 0 алидады и, закрепив алидаду, вращением лимба наводят зрительную трубу на точку, лимб закрепляют. На пикеты зрительную трубу наводят только вращением алидады.

5. На пикеты устанавливается рейка, измеряются горизонтальные и вертикальные углы, расстояния.

Положение пикетов выбирают таким образом, чтобы по ним на плане можно было изобразить ситуацию и рельеф местности. Их берут на всех характерных точках и линиях рельефа.

При съемке ситуации определяют границы угодий, гидрографию, дороги, контуры зданий, т. е. все, что подлежит нанесению на план в данном масштабе.

6. По окончанию работы проверяют ориентирование. Для этого вновь визируют на предыдущую точку хода; отсчет должен отличаться от первоначального не более чем на 5'.

**Оформление результатов тахеометрической съёмки**

Обработка материалов тахеометрической съемки и составление плана.

Выполняют математическую обработку результатов полевых измерений, приведенных в журнале тахеометрической съемки. Для этого вычисляют место нуля и углы наклона между станциями по сторонам тахеометрического хода, при этом используют следующие рабочие формулы для теодолита 2Т30: где КП и КЛ - отсчеты по лимбу теодолита при круге право и круге лево, МО - место нуля.

Тахеометрическая съемка обычно выполняют при положении круга «лево». Величину места нуля (МО) определяют перед выполнением съемки и при необходимости приводят к нулю.

При вычислении углов наклона на реечные точки место нуля в пределах точности теодолита не учитывают, в остальных случаях округляют до ближайшей четной минуты.

В соответствующие графы журнала записывают расстояния D, горизонтальные проложения d и превышения h', которые вычисляют с помощью тахеометрических таблиц или микрокалькуляторов по формулам:

d = K l cos;

h = h' + i - v;

h = (Kl)/2 sin2;

где i - высота прибора;

v- высота наведения;

k - коэффициент нитяного дальномера;

l - количество делений на рейке;

- угол наклона.

Если углы наклона не превышают 2, то измеренные линии принимают за горизонтальные проложения. Горизонтальные проложения вычисляют с округлением до 0,1 м, а превышения - с точностью до 0,01 м. Знаки превышения одинаковы со знаками углов наклона. Далее выполняют увязку высот тахеометрического хода.

После вычисления превышений на всех станциях их увязывают между станциями по тахеометрическому ходу. Для этого выписывают горизонтальные приложения между станциями, прямые и обратные превышения.

При вычислениии средних превышений между станциями ставят знак прямого превышения. Теоретическая сумма превышений равна разности высот станций III и I:

hт = H III - H I,

Невязку сравнивают с допустимой, которая вычисляют по формуле:

f h доп. = 0,04 S n,

где S = [S]/ n - средняя длина линий, в метрах (7) n - число линий в ходе.

Если невязка допустима, то ее распределяют на каждое превышение с обратным знаком, пропорционально длинам линий. Высота II станции равна:

HII = HI + h I-II

Высоты станций записывают на соответствующие страницы журнала, а затем вычисляют высоты пикетов по формуле:

H = Hст + h I

Далее производят составление и вычерчивание плана.

На листе чертёжной бумаги (1/8 часть стандартного листа) строят сетку координат. Для этого откладывают от левого края 6 см, снизу 5 см, относительно этой точки разбивают координатную сетку и наносят точки по координатам. Масштаб 1: 2000. Укладывают основание транспортира по линии ориентирования, по его окружности откладывают углы на реечные точки, отмечают маленькой черточкой.