

Размеры рамок планов для масштабов 1:500–1:2 000 50х50 см; для масштаба 1:5 000 40х40 см. Координатная сетка строится в виде сетки квадратов, от точности её построения будет зависеть точность плана. Построенную и проверенную сетку (неравенство диагоналей 0,2 мм) оцифровывают в соответствии с координатами теодолитного хода. Теодолитный ход должен располагаться в центре чертежа. Затем приступают к нанесению по координатам точек хода, контролируют их положение. Затем точки соединяют карандашом, и на план наносится ситуация, при этом используется абрис. Расстояние откладывают при помощи циркуля измерителя, горизонтальные углы измеряют транспортиром.

Справа под южной рамкой плана указывают фамилию исполнителя и составителя плана, а также сроки выполнения работ.

### 6.5. Тахеометрическая съёмка

Одновременная съёмка контуров и рельефа местности, при которой пространственное положение точек местности определяют со станции полярным способом, измеряя при помощи топографического прибора тахеометра (или теодолита) горизонтальные углы, расстояния и превышения, называется *тахеометрической*. В переводе с греческого *тахеометрия* означает «быстрое измерение».

Тахеометрическая съёмка выполняется по принципу от общего к частному. Первоначально создают планово-высотную основу, а затем ведут съёмку рельефа и подробностей, по результатам которой в камеральных условиях составляется топографический план. Тахеометрическую съёмку рекомендуется производить для составления топографических планов небольших участков или узких полос местности.

Горизонтальные углы измеряют между исходной линией, по которой ориентируется нуль лимба тахеометра, и направлениями на точки местности. Расстояние определяют оптическим дальномером. Превышение снимаемой точки над станцией находят методом тригонометрического нивелирования.

В качестве исходной плановой и высотной основ для тахеометрической съёмки используют пункты государственной геодезической сети, теодолитные и нивелирные ходы, прокладываемые

между пунктами геодезических сетей. Точки съёмочного обоснования определяют проложением тахеометрических ходов. Одновременно ведут съёмку ситуации и рельефа, параллельно составляется абрис снимаемого участка.

Полевые работы при тахеометрической съёмке выполняются в короткие сроки, и она в меньшей степени, чем другие виды топографических съёмок, зависит от погоды. К недостаткам следует отнести отсутствие возможности своевременного сличения плана с изображаемой местностью, что требует дополнительного инструментального и визуального контроля.

### **6.5.1. Производство тахеометрической съёмки**

На местности геодезическая сеть имеет недостаточную густоту, поэтому её необходимо довести до соответствующей плотности, обеспечивающей возможность проложения тахеометрических ходов.

Реконгносцировку тахеометрических ходов, закрепление точек и привязку выполняют так же, как и при проложении теодолитных ходов. Точки (станции) следует выбирать так, чтобы они обеспечивали наилучшие условия при съёмке подробностей. Тахеометрические ходы прокладывают в виде замкнутых ходов с опорой на пункты геодезической сети более высокого разряда. Характеристика ходов представлена в табл. 6.1.

*Таблица 6.1*

**Зависимость параметров тахеометрического хода от масштаба съёмки**

| <b>Масштаб съёмки</b> | <b>Максимальная длина хода, м</b> | <b>Максимальная длина стороны, м</b> | <b>Максимальное число сторон хода</b> |
|-----------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| 1:5000                | 1200                              | 300                                  | 6                                     |
| 1:2000                | 600                               | 200                                  | 5                                     |
| 1:1000                | 300                               | 150                                  | 3                                     |
| 1:500                 | 200                               | 100                                  | 2                                     |

При проложении тахеометрического хода соблюдается следующий порядок действий:

1) устанавливают прибор (центрируют) тахеометр над вершиной измеряемого угла, горизонтируют прибор и подготов-

ливают зрительную трубу для наблюдений. Погрешность центрирования 3 мм. Чем короче сторона, тем точнее должно быть центрирование прибора станции;

2) измеряют высоту прибора;

3) наводят трубу на рейку, установленную на заднюю точку хода, и выполняют отсчёты по дальномерным нитям. При этом рекомендуется установить меньший отсчёт по дальномерной нити, равный целому числу метров (например, 1000 мм). Разность отсчётов по дальномерным нитям, умноженная на коэффициент дальномера, даст значение длины линии. Для контроля длину стороны хода вторично измеряют по красной стороне;

4) визируют на низ задней рейки и отсчитывают по горизонтальному кругу;

5) наводят зрительную трубу на верх рейки и приводят пузырёк уровня при вертикальном круге в нуль-пункт, далее отсчитывают по вертикальному кругу.

Затем операции 3, 4, 5 повторяют, установив рейку на передней точке тахеометрического хода. Комплекс выполненных таким образом операций составляет полуприём (при этом будет измерен левый по ходу угол). После перевода зрительной трубы через зенит выполняют второй полуприём. Расхождение углов по результатам измерений в двух полуприёмах не должно превышать двойной точности отсчётного устройства оптического прибора, например 1' при измерении углов 30" теодолитом.

Угол наклона линии визирования определяют по вертикальному кругу теодолита. Контроль измерения углов наклона – постоянство места нуля  $МО$  вертикального круга в пределах удвоенной точности отсчитывания по нему. Горизонтальное проложение  $d$  наклонных расстояний  $D$ , измеряемых дальномером, вычисляют по формуле (6.10)

$$D = d \cdot \cos^2 v; \Delta D = d \cdot \sin^2 v. \quad (6.10)$$

Определение превышений при тахеометрической съёмке осуществляется методом тригонометрического нивелирования.

### **6.5.2. Метод тригонометрического нивелирования**

Это нивелирование производится наклонным визирным лучом тахеометра или теодолита. Допустим, требуется определить

превышение  $h=BB_1$  точки  $B$  над точкой  $A$  (см. рис. 6.2). Вначале определяется высота оси вращения зрительной трубы над точкой  $A$  (высота прибора –  $i$ ). В точке  $B$  вертикально установлена вежа или рейка высотой  $V$ . Направим визирную ось трубы на верх вежи  $M$  и измерим вертикальный угол  $v$ .

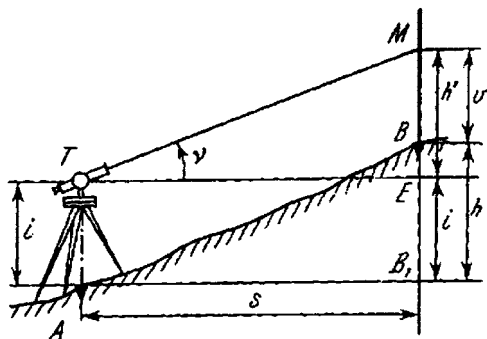


Рис. 6.2. Схема тригонометрического нивелирования

Так как  $AB_1 = TE = s$ , тогда (6.11)–(6.13)

$$ME = h' = s \cdot \operatorname{tg} v, \quad (6.11)$$

$$h + V = s \cdot \operatorname{tg} v + i; \quad (6.12)$$

$$h = s \cdot \operatorname{tg} v + i - V. \quad (6.13)$$

Вычисляют  $s \cdot \operatorname{tg} v$  по таблицам (таблицы высот или превышений) или с помощью калькулятора. Если на рейке обозначить отрезок от низа, равный  $i$ , и направить визирную ось на точку, находящуюся на высоте прибора, то  $i = V$  и формула примет вид (6.14)

$$h = s \cdot \operatorname{tg} v, \quad (6.14)$$

на практике так и поступают. Только в условиях плохой видимости визируют на верх рейки.

При расстояниях более 300 м вводят поправки на кривизну Земли и рефракцию (поправка за преломление световых лучей) (6.15)

$$h = s \cdot \operatorname{tg} v + i - V + f, \quad (6.15)$$

где  $f = 0,43 \frac{s^2}{R}$ ;

$R$  – радиус Земли, км.

Превышения при тригонометрическом нивелировании определяют в прямом и обратном направлениях. При этом расхождение допустимо, если оно не превышает 4 см на каждые 100 м расстояния. Очевидно, что точность измерения ниже, чем при геометрическом нивелировании.

### 6.5.3. Съёмка ситуации и рельефа

Получив по результатам измерений и вычислений прямоугольные координаты и высоты точек съёмочного обоснования, приступают непосредственно к съёмке ситуации и рельефа, т. е. определяют пространственное положение точек местности, называемых *пикетами*, по которым в дальнейшем составляют топографический план.

Тахеометрическую съёмку выполняют с точек съёмочной сети (станций) при одном положении вертикального круга в следующем порядке:

- 1) устанавливают прибор и измеряют его высоту;
- 2) определяют *МО*, визируя на какую-либо чётко видимую точку местности, если *МО* не требует исправлений, то приступают к дальнейшим операциям;
- 3) ориентируют нуль лимба горизонтального круга теодолита (тахеометра) по одной из прилегающих сторон тахеометрического хода. Для этого на горизонтальном круге устанавливают отсчёт  $0^{\circ}00'$ . Закрепляют алидаду и, открепив лимб, наводят зрительную трубу на точку съёмочной сети, выбранную в качестве ориентировочной. После этого лимб закрепляют и не меняют его положение до окончания съёмки на станции. Открепив алидаду, визируют на рейку, поставленную на снимаемую точку. Пикеты следует выбирать на наиболее характерных точках местности, совмещая контурные точки с рельефными. В целях контроля на каждой станции определяют несколько пикетов, полученных с соседних станций;
- 4) измеряют расстояния до пикетов, выполняют отсчёты по дальномерным нитям. При сечении рельефа 1 м максимальное расстояние от прибора до рейки принимается по табл. 6.2;
- 5) устанавливают средний штрих сетки нитей на отсчёт, равный целому числу метров рейки, или на отсчёт, равный высоте прибора, и берут отсчёт по вертикальному кругу;

6) отсчитывают по горизонтальному кругу. Отсчёт берётся при положении «круг лево» (КЛ) при работе с теодолитом 2Т30 или 4Т30П.

Таблица 6.2

**Максимальное расстояние от прибора до рейки в зависимости от масштаба и характера рельефа**

| Масштаб | Максимальное расстояние между пикетами, м | Максимальное расстояние при съёмке рельефа, м | Максимальное расстояние при съёмке контуров, м |
|---------|-------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------|
| 1:5000  | 80                                        | 300                                           | 150                                            |
| 1:2000  | 40                                        | 250                                           | 100                                            |
| 1:1000  | 30                                        | 200                                           | 80                                             |
| 1:500   | 16                                        | 150                                           | 60                                             |

Аналогичным образом определяют положение всех пикетов. Работу заканчивают наведением зрительной трубы на начальную ориентирную точку. Изменение ориентирования допускается не более 1,5'. В противном случае измерения повторяют.

Результаты заносят в журнал тахеометрической съёмки (см. табл. 6.3). Вычисляют горизонтальные проложения и высоты точек.

Таблица 6.3

**Журнал тахеометрической съёмки**

| Номер точки                                                                                                 | Отсчёт по горизонтальному кругу, градусы | Дальномерное расстояние, м | Отсчёт по вертикальному кругу (КЛ) | Угол наклона $\alpha$ , градусы | Горизонтальное проложение $d$ , м | Превышение $h$ , м | Высота, $H$ , м | Примечание |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|----------------------------|------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|--------------------|-----------------|------------|
| Ст. № 1; $H=150,07$ м; $i=1,37$ м; $MO=0^{\circ}01'$ Теодолит 2Т30П<br>Нуль лимба ориентирован на станцию 2 |                                          |                            |                                    |                                 |                                   |                    |                 |            |
| 1                                                                                                           | 30°                                      | 12,5                       | 5°01'                              | 5°02'                           | 12,45                             | 1.09               | 151,16          | Край леса  |

На каждой станции в произвольном масштабе составляют от руки абрис. Элементы сопровождают записями, реечные точки обозначают арабскими цифрами. Абрис служит основой для построения плана.

*Камеральные работы* проводятся непосредственно после полевых. Данные, полученные при съёмке, наносят на план. Процесс составления топографических планов включает следующие виды работ:

- 1) построение координатной сетки;
- 2) вычисления координат и высот точек съёмного обоснования и нанесение их на план.

Процедура уравнивания тахеометрического хода подобна увязке теодолитного хода. Предельные невязки определяют по формулам (6.16), (6.17)

$$\text{угловая невязка } f = 1' \cdot \sqrt{n}, \quad (6.16)$$

$$\text{линейная невязка } f_l = 1' \cdot \frac{1}{400 \cdot \sqrt{n}} \quad (6.17)$$

где  $N$  – число измеренных линий в ходе.

Для вычисления высот хода тригонометрического нивелирования выполняют его уравнивание. Высотную невязку  $f_h$  определяют по формуле (6.18)

$$f_h = \Sigma h_{cp} - (H_{кон} - H_{нач}), \quad (6.18)$$

где  $\Sigma h_{cp}$  – алгебраическая сумма средних превышений для каждой линии;

$H_{нач}$  и  $H_{кон}$  – известные начальные и конечные высоты.

Предельные невязки вычисляют по формулам (6.19), (6.20)

$$f_{пред.} = \pm 0,04 P_{100} \cdot \sqrt{n} \quad \text{– при угле наклона до } 6^\circ, \quad (6.19)$$

$$f_{пред.} = \pm 0,06 P_{100} \cdot \sqrt{n} \quad \text{– при угле наклона } > 6^\circ. \quad (6.20)$$

### Контрольные вопросы

1. Как вычисляют горизонтальный угол?
2. Как распределяется угловая невязка, если она находится в допустимых пределах?

3. Какая существует зависимость между румбами и дирекционными углами по четвертям?
4. Что называется приращениями координат? Как определить знаки приращений координат?
5. Как распределяют линейные невязки в приращениях координат?
6. Как можно определить площадь снимаемого участка?
7. В чём сущность триангуляции?
8. В чём сущность полигонометрии?
9. Какой из методов построения плановых геодезических сетей выгоднее применять в открытой всхолмленной местности?
10. Какой из методов построения плановых геодезических сетей целесообразно применять в условиях плотной городской застройки?
11. Что такое нивелирование?
12. Что называют съёмочным обоснованием?
13. Как закрепляют на местности пункты съёмочного обоснования?
14. Опишите состав работ при проложении теодолитных ходов.
15. Как измеряют углы и линии в теодолитных ходах?
16. Какова последовательность камеральной обработки результатов измерений в теодолитных ходах?
17. Как находят теоретическую сумму углов в замкнутом и разомкнутом теодолитных ходах?
18. Как вычисляют теоретическую сумму приращений координат в замкнутом и разомкнутом теодолитных ходах?
19. Как увязывают нивелирные ходы съёмочного обоснования?
20. Каковы основные этапы работ при топографических съёмках?
21. Чем руководствуются при выборе масштаба съёмки и высоты сечения рельефа?
22. Какие способы применяют при съёмке элементов ситуации?
23. В чём заключается сущность теодолитной съёмки?



24. Какой вид съёмочного обоснования применяют при теодолитной съёмке?
25. В чём сущность тахеометрической съёмки?
26. Какие приборы применяют при тахеометрической съёмке?
27. Каков состав и порядок полевых работ при тахеометрической съёмке?
28. Каков порядок работы на станции?
29. Какая документация ведётся при тахеометрической съёмке?
30. Что такое абрис?
31. Какие имеются способы нивелирования поверхности?
32. Какие способы нивелирования поверхности целесообразно применять в условиях строительной площадки?
33. Как снимают ситуацию при нивелировании поверхности способом квадратов?

### **Рекомендуемая литература**

1. Инженерная геодезия / под ред. С. П. Закатова. М.: Недра, 1976. 583 с.
2. Инженерная геодезия: учебник для вузов / Е. Б. Ключин, М. И. Киселев, Д. Ш. Михелев, В. Д. Фельдман. М.: Академия, 2004. 480 с.
3. Новак В. Е. Практикум по инженерной геодезии. М.: Недра, 1986. 273 с.
4. Фельдман В. Д. Основы инженерной геодезии. М.: Высшая школа, 2001. 456 с.