

## ЛЕКЦИЯ 3. ТЕОДОЛИТНАЯ СЪЕМКА

### 3.1. Теодолит: устройство, классификация по ГОСТу

*Прибор для измерения на местности горизонтальных и вертикальных углов называется теодолитом.*

Перечислим основные части теодолита (рис.1):

*Лимб* - угломерный круг с делениями от  $0^{\circ}$  до  $360^{\circ}$ , неподвижен во время измерения угла;

*Алидада* - подвижная часть теодолита, представляющая собой круг с нанесенным на нем отсчетным устройством в виде штриха или шкалы, при помощи которого производится отсчет по лимбу; лимб и алидада составляют *горизонтальный круг теодолита*. Обычно всю вращающуюся часть теодолита называют *алидадной частью* или просто *алидадой* (2 на рис.1).

*Зрительная труба* крепится на подставках на алидадной части состоит из объектива, окуляра, сетки нитей и фокусирующего устройства с кремальерой; (3).

*Вертикальный круг* устроен аналогично горизонтальному и служит для измерения вертикальных углов (4).

*Цилиндрический уровень* - предназначен для приведения плоскости лимба горизонтального круга в положение перпендикулярное относительно отвесной линии (горизонтальное положение);

*Подставка* с тремя подъемными винтами (5) – для приведения теодолита в рабочее положение.

*Закрепительные и наводящие винты* вращающихся частей теодолита: лимба (8,9), алидады (6,7), трубы (10,11); закрепительные винты называют также зажимными и стопорными, а наводящие - микрометренными.

### 3.2. Сущность теодолитной съемки.

Процесс полевых измерений, который производится в целях получения карт, планов, профилей, называется *съемкой*.

Теодолитная съемка является полевой работой, при выполнении которой сначала создается съемочная геодезическая сеть, а затем производится съемка подробностей (ситуации). Теодолитной она называется потому, что основным прибором, с помощью которого она выполняется, является *теодолит*.

Процесс теодолитной съемки складывается из:

- 1) осмотра местности (рекогносцировки);
- 2) закрепления точек на местности (все поворотные точки полигонов и ходов закрепляют на местности кольями, столбами и т.д.);
- 3) измерения линий и углов в полигонах и ходах;
- 4) съемки подробностей (ситуации).

Для измерения линий в полигонах и ходах применяют стальные ленты, рулетки, дальномеры и другие приборы, позволяющие измерять линии с относительной погрешностью не более  $1/2000$ .

Углы в теодолитных полигонах и ходах измеряют с помощью теодолитов с погрешностью не более  $0,5$ .

Под *съемочным обоснованием* понимают систему точек местности, между которыми производятся измерения, достаточные для определения их взаимного положения в плане.

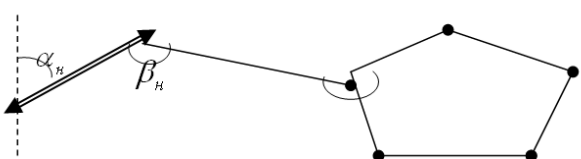
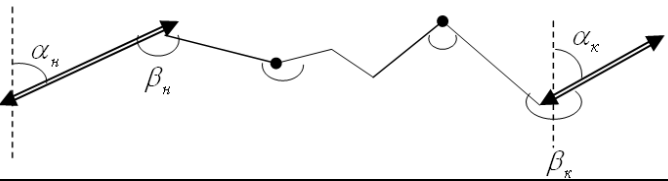
Съемочное обоснование теодолитной съемки создается в виде замкнутых или разомкнутых ходов. Замкнутый ход чаще всего прокладывается по границам землепользований, а диагональные (разомкнутые) – внутри землепользований.

### 3.3. Вычислительная обработка теодолитных ходов

Вычислительная обработка теодолитных ходов производится для получения координат точек этих ходов.

Обработка измерений при теодолитной съемке складывается из следующих действий:

- обработка угловых измерений;
- вычисление дирекционных углов и румбов сторон;
- вычисленных приращений и координат вершин теодолитного хода;
- построение плана участка теодолитной съемки.

	
<p style="text-align: center;"><b>Увязка углов замкнутого теодолитного хода.</b></p> <p>Вычисляют сумму углов и записывают ее в этой же графе внизу. Вычислив сумму углов полигона, определяют угловую невязку по формуле:</p> $f_{\beta} = \sum \beta_n - \sum \beta_T,$ <p>где <math>\sum \beta_n</math> - сумма измеренных углов (практическая);  <math>\sum \beta_T</math> - теоретическая сумма углов.</p> <p>Для замкнутого теодолитного хода (полигона) теоретическая сумма углов определяется по формуле:</p> $\sum \beta_T = 180^{\circ}(n - 2)$ <p>где n – число измеренных углов.</p> <p>Допустимую угловую невязку в полигоне определяют по формуле:</p> $f_{\beta_{\text{доп}}} = 1' \sqrt{n}$ $f_{\beta} \leq 1' \sqrt{n}$ <p>Угловую невязку, если она допустима, распределяют на все углы поровну с обратным знаком, т. е. в измеренные углы вводят <u>поправки</u> по формуле:</p> $v_{\beta} = \frac{-f_{\beta}}{n}.$ <p>Сумма поправок в углы должна</p>	<p style="text-align: center;"><b>Увязка углов разомкнутого теодолитного хода</b></p> <p>Для разомкнутого теодолитного хода теоретическая сумма углов определяется по формуле:</p> <p>для <u>правых</u> измеренных углов:</p> $\sum \beta_T = \alpha_n - \alpha_k + n \cdot 180^{\circ},$ <p>а для <u>левых</u> измеренных углов:</p> $\sum \beta_T = \alpha_k - \alpha_n + n \cdot 180^{\circ}.$ <p>Определяют угловую невязку по формуле:</p> $f_{\beta} = \sum \beta_n - \sum \beta_T,$ <p>Допустимая угловая невязка для разомкнутого хода, в котором углы измерялись тридцатисекундным теодолитом, определяется по формуле:</p> $f_{\beta_{\text{доп}}} = 2' \sqrt{n}.$ <p>Дальнейшее уравнивание горизонтальных углов выполняют также как в полигоне.</p>

точно равняться невязке, взятой с обратным знаком, т.е.

$$\sum v_{\beta} = -f_{\beta}.$$

Сумма увязанных углов должна равняться теоретической сумме углов.

## 2. Вычисление дирекционных углов и румбов сторон

$$\alpha_{i+1} = \alpha_i + 180 - \beta_{yp} \text{ (для правых по ходу углов)}$$

$$\alpha_{i+1} = \alpha_i - 180 + \beta_{yp} \text{ (для правых по ходу углов)}$$

## 3. Увязка приращений координат замкнутого теодолитного хода (полигона).

Приращения координат линий определяют по известным формулам и записывают в соответствующие графы ведомости:

$$\Delta x = S \cos \alpha$$

$$\Delta y = S \sin \alpha$$

теоретически должно быть:

$$\sum \Delta x_T = 0;$$

$$\sum \Delta y_T = 0 \quad (*),$$

т.е. алгебраическая сумма приращений координат в полигоне по каждой оси теоретически должна быть равна нулю.

невязки в приращениях координат равны практической сумме приращений координат:

$$f_x = \sum \Delta x_{\Pi}$$

$$f_y = \sum \Delta y_{\Pi}$$

Прежде, чем распределять невязки нужно убедиться в их допустимости. Для этого вычисляют абсолютную невязку:

$$f_s = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}$$

Абсолютная невязка главным образом зависит от периметра полигона. Чем больше периметр, тем большую невязку следует ожидать. Поэтому и допустимость невязки определяют в зависимости от периметра полигона. Для этого определяют относительную невязку в полигоне по формуле:

## Увязка приращений координат разомкнутого теодолитного хода.

Приращения координат линий определяют по известным формулам и записывают в соответствующие графы ведомости:

$$\Delta x = S \cos \alpha$$

$$\Delta y = S \sin \alpha$$

теоретически должно быть:

$$\sum \Delta x_T = x_k - x_n;$$

$$\sum \Delta y_T = y_k - y_n \quad (*),$$

т. невязки в приращениях координат равны практической сумме приращений координат:

$$f_x = \sum \Delta x_{\Pi} - \sum \Delta x_T$$

$$f_y = \sum \Delta y_{\Pi} - \sum \Delta y_T$$

Прежде, чем распределять невязки нужно убедиться в их допустимости. Для этого вычисляют абсолютную невязку:

$$f_s = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}$$

Определяют относительную невязку в полигоне по формуле:

$$\frac{1}{N} = \frac{f_s}{\sum S_i}$$

Для разомкнутого хода

$$\frac{1}{N} \leq \frac{1}{1000}$$

невязки в приращениях координат распределяют с обратным знаком на все приращения координат пропорционально горизонтальным проложениям линий:

$$\frac{1}{N} = \frac{f_s}{\sum S_i}$$

$\frac{1}{N} \leq \frac{1}{2000}$  - при благоприятных условиях съемки;

$$\frac{1}{N} \leq \frac{1}{1500} \text{ - при средних условиях;}$$

$$\frac{1}{N} \leq \frac{1}{1000} \text{ - при неблагоприятных.}$$

Если *невязка в периметре оказалась допустимой*, то невязки в приращениях координат распределяют с обратным знаком на все приращения координат пропорционально горизонтальным положениям линий:

$$V_{xi} = -f_x * S_i / \sum S;$$

$$V_{yi} = -f_y * S_i / \sum S;$$

Контролем правильности вычисления поправок в приращения координат служит равенство: *сумма поправок в приращения координат по каждой оси должна быть равна невязке с обратным знаком*

$$\sum V_{\Delta x} = -f_x$$

$$\sum V_{\Delta y} = -f_y$$

Полученные поправки алгебраически прибавляются к соответствующим приращениям координат, получают увязанные приращения:

*Сумма увязанных приращений координат по каждой оси должна равняться теоретической сумме.* Для полигона:

$$\sum \Delta x_{испр} = 0$$

$$\sum \Delta y_{испр} = 0$$

После увязки приращений вычисляют координаты всех точек полигона по формулам:

$$x_{i+1} = x_i + \Delta x_i$$

$$y_{i+1} = y_i + \Delta y_i$$

$$V_{xi} = -f_x * S_i / \sum S;$$

$$V_{yi} = -f_y * S_i / \sum S;$$

Контролем правильности вычисления поправок в приращения координат служит равенство: *сумма поправок в приращения координат по каждой оси должна быть равна невязке с обратным знаком*

$$\sum V_{\Delta x} = -f_x$$

$$\sum V_{\Delta y} = -f_y$$

Полученные поправки алгебраически прибавляются к соответствующим приращениям координат, получают увязанные приращения:

*Сумма увязанных приращений координат по каждой оси должна равняться теоретической сумме.* Для полигона:

$$\sum \Delta x_{испр} = 0$$

$$\sum \Delta y_{испр} = 0$$

После увязки приращений вычисляют координаты всех точек полигона по формулам:

$$x_{i+1} = x_i + \Delta x_i$$

$$y_{i+1} = y_i + \Delta y_i$$