

## Лекция 11. Тригонометрическое нивелирование по горным выработкам

Тригонометрическое нивелирование выполняется **при углах наклона выработки более 5°**, поскольку далее геометрическое нивелирование становится малопродуктивным, а при более крутых углах выработки и невозможным.

Величины измеряемые на станции при тригонометрическом нивелировании:

- вертикальный угол,
- длина линии между съёмочными точками,
- высота инструмента,
- высота сигнала.

### Определение высот пунктов съёмочной сети

Требования:

- расхождение значения места нуля в начале и конце хода должно быть не более 3',
- расхождение между двумя определениями высоты теодолита и сигнала - не более 10 мм,
- разность превышения одной и той же стороны - не более 1:1000 ее длины,
- допустимая высотная невязка

$$f_h = \sum h_{\text{пр}} - \sum h_{\text{обр}} \leq 120\sqrt{L}, \text{ мм}$$

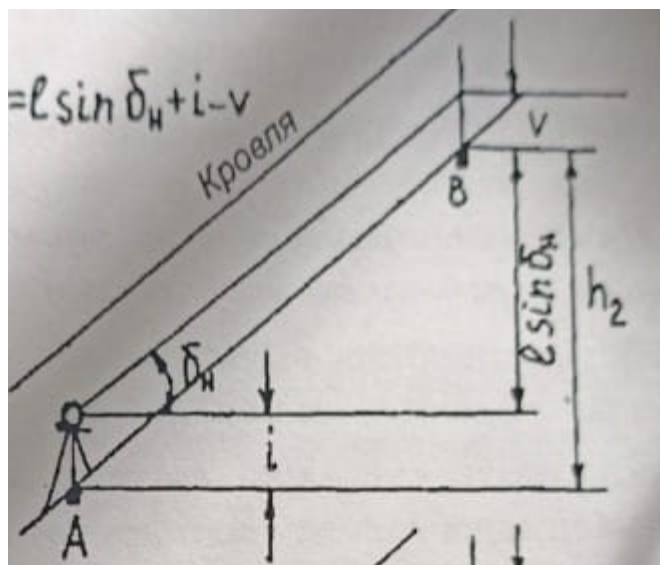
В практике при производстве тригонометрического нивелирования в зависимости от направления хода и места расположения съемочных точек в выработке может быть восемь схем определения превышений: четыре при нивелировании по восстанию и четыре по падению.

Чтобы знать, с каким знаком в формулы вводятся величины  $i$  и  $v$ , нужно придерживаться правила: основная формула по вычислению превышений – это формула, принятая на поверхности:

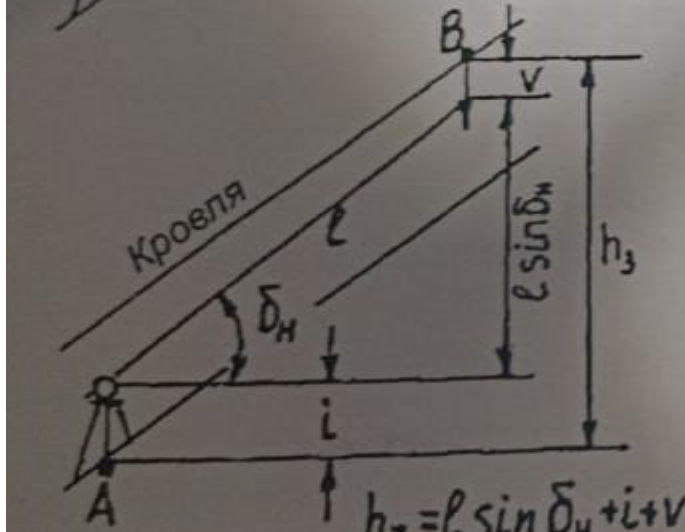
$$h = l * \sin\delta_H + i - v,$$

когда точки в почве, то в эту формулу вводятся  $i$  и  $v$  со знаком (+), когда в кровле, то со знаком (-).

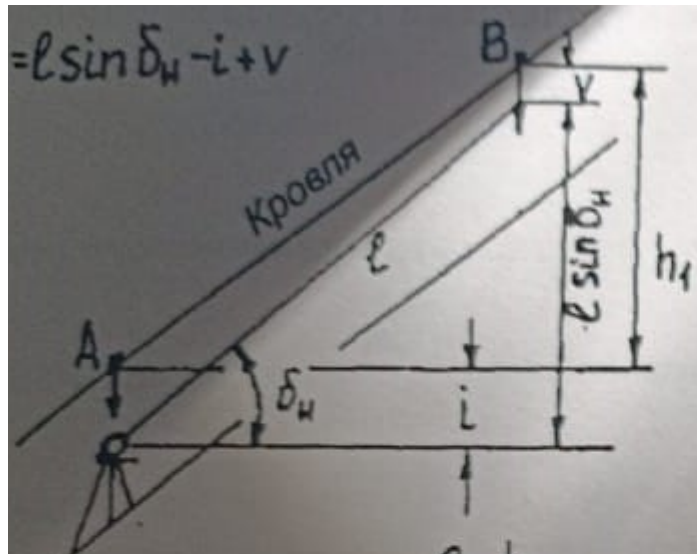
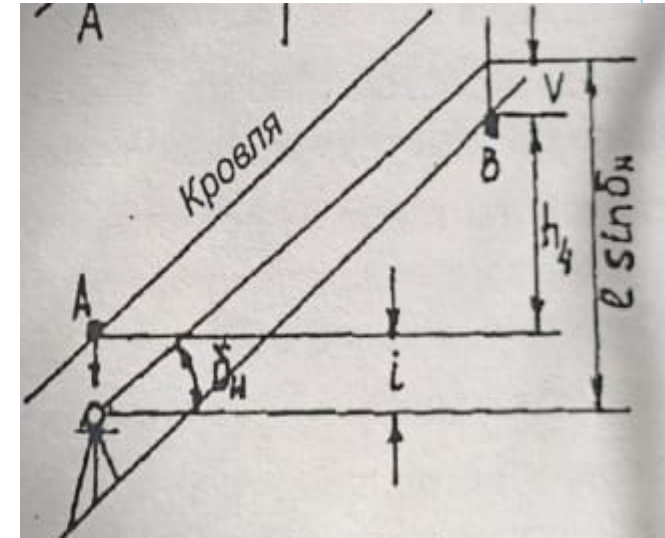
$$h = l * \sin\delta_H + i - v = l * \sin\delta_H + i - v,$$



$$h = l * \sin\delta_H + i - (-v) = l * \sin\delta_H + i + v,$$



$$h = l * \sin\delta_H + (-i) - v = l * \sin\delta_H - i - v,$$



$$h = l * \sin\delta_H + (-i) - (-v) = l * \sin\delta_H - i + v,$$

## Процесс выполнения работы

Для определения превышения  $\Delta h_{A-B}$  в точке А устанавливают теодолит, а в точке В вешают отвес. На отвесе отмечают точку визирования  $b$ , для чего можно использовать обычные канцелярские скрепки. Часто за точку  $b$  принимают точку входа шнура в отвес или острие отвеса. На эту точку отвеса затем наводят трубу теодолита, и отсчитывают по вертикальному кругу угол наклона визирного луча  $\delta$ . На точке А измеряют рулеткой от резок  $i_A$  - расстояние по вертикали от точки А до горизонтальной оси вращения трубы теодолита (точка  $a$ ). Затем измеряют наклонное расстояние  $l_{ab}$  от точки  $a$  до точки  $b$  и отрезок  $V_B$  - расстояние по вертикали от точки В до точки  $b$ .

Угол наклона измеряют при двух положениях трубы с вычислением на каждой станции  $МО$ . Расхождение значений  $МО$  по станциям не должно превышать  $1,5'$ .

Измерение высоты прибора  $i$  и высоты визирования  $V_2$  производится рулеткой дважды с точностью до 1 мм (расхождение между двумя измерениями не должно превышать 5 мм). Расстояние  $ab$  измеряют стальной рулеткой по методике измерения длин сторон подземной полигонометрии.

Для контроля превышения следует вычислять дважды: в прямом и обратном направлениях. Для определения обратного превышения теодолит переставляют в точку В и выполняют аналогичные измерения на точку А.

Разность превышений (в мм) не должна быть более  $0,4l$ , если  $l$  - длина линии (в м).

Ходы тригонометрического нивелирования в шахте должны быть замкнутыми или прокладываться между пунктами, высоты которых определены методом геометрического нивелирования.

Для всего хода расхождения в превышениях (в мм) не должны быть более  $100\sqrt{L}$ ,  $L$  - длина хода, км. Если тригонометрическое нивелирование ведется по пунктам съемочной сети (теодолитных ходов), то должны соблюдаться следующие требования: расхождения значений  $МО$  в начале и конце хода не более  $3'$ , расхождения между двумя определениями высоты теодолита или сигнала не более 10 мм; разность в превышениях одной и той же стороны не более  $1:1000$  ее длины; высотная невязка хода (в мм) не должна превышать  $120\sqrt{L}$  ( $L$  - длина хода, км).

## **Контрольные вопросы:**

1. Цель и задачи тригонометрического нивелирования
2. Измеряемые величины на станции при тригонометрическом нивелировании
3. Требования при передачи высот тригонометрическим нивелированием
4. Схемы определения превышения, используемые на практике
5. Порядок выполнения тригонометрического нивелирования на станции
6. Составьте задачу передачи высотной отметки тригонометрическим нивелированием