

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Институт горного дела, геологии и геотехнологий
институт
Маркшейдерского дела
кафедра

ОТЧЕТ
ПО УЧЕБНОЙ МАРКШЕЙДЕРСКОЙ ПРАКТИКЕ

Преподаватель

подпись, дата

Юнаков Ю.Л.

инициалы, фамилия

Студент

ГГ20-06

номер группы

подпись, дата

Бобыкина В.С.

инициалы, фамилия

Студент

ГГ20-06

номер группы

подпись, дата

Воробьева П.В.

инициалы, фамилия

Студент

ГГ20-06

номер группы

подпись, дата

Звонцов Б.Д.

инициалы, фамилия

Студент

ГГ20-06

номер группы

подпись, дата

Павловская К.А.

инициалы, фамилия

Студент

ГГ20-06

номер группы

подпись, дата

Сазанакон А.Ф.

инициалы, фамилия

Студент

ГГ20-06

номер группы

подпись, дата

Эйснер Д.С.

инициалы, фамилия

Студент

ГГ20-06

номер группы

подпись, дата

Элст И.Ю.

инициалы, фамилия

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПОВЕРКИ ИНСТРУМЕНТОВ.....	5
1.1 Поверки и юстировки теодолита.....	5
1.2 Поверки и юстировки нивелира.....	7
3 ИЗМЕРЕНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ УГЛОВ.....	14
3.1 Способ приемов.....	14
3.2 Способ повторений.....	15
4 ОПОРНЫЕ СЕТИ.....	16
5.1 Прямая геодезическая засечка.....	18
5.2 Обратная геодезическая засечка.....	19
6 ВЫНОС ТОЧКИ НА МЕСТНОСТЬ.....	22
7 ТЕХНИЧЕСКОЕ НИВЕЛИРОВАНИЕ.....	26
7.1 ТРИГОНОМЕТРИЧЕСКОЕ НИВЕЛИРОВАНИЕ ПО ГОРНЫМ ВЫРАБОТКАМ.....	26
7.2 ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ НИВЕЛИРОВАНИЕ.....	29
7.2.1 Геометрическое нивелирование по горным выработкам.....	32
7.3 Нивелирование рельсовых путей.....	32
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	34
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	35
ПРИЛОЖЕНИЕ А-0.....	36
ПРИЛОЖЕНИЕ А-1.....	39
ПРИЛОЖЕНИЕ Б-0.....	41
ПРИЛОЖЕНИЕ В-0.....	43
ПРИЛОЖЕНИЕ Г-0.....	45

ВВЕДЕНИЕ

Перед учебной маркшейдерской практикой мы изучили курс геодезии, геологии, а также курс по открытой геотехнологии и строительной геотехнологии, освоили основные задачи и методы построения геодезической сети, приобрели первостепенные навыки в обращении с геодезическими инструментами и приборами в полевых условиях при прохождении практического курса геодезии, вместе с тем получили умения в вычислительной, графической и аналитической обработке при камеральных работах.

За время прохождения маркшейдерской практики мы должны были изучить организацию маркшейдерской службы на шахте, руднике, разрезе и самостоятельно выполнить следующие работы: эксплуатационные поверки инструмента, проложить теодолитный ход, выполнить прямую и обратную засечку, произвести вынос точки на местность, геометрическое и тригонометрическое нивелирование.

1 Эксплуатационные поверки инструментов

Перед тем, как проводить какие-либо виды работ с использованием геодезических приборов необходимо убедиться в том, что прибор исправен и позволит выполнить геодезические работы с требуемой точностью. В связи с этим перед выполнением полевых работ проводят поверки приборов.

Поверка – выявление правильности взаимного расположения отдельных частей и осей прибора, определяющих соблюдение его геометрической схемы.

В том случае, если при поверке прибора выявлено нарушение правильного взаимного расположения отдельных частей и осей, то проводят юстировку прибора.

Юстировка – исправление нарушенных условий взаиморасположение осей прибора.

1.1 Поверки и юстировки теодолита

В соответствии с принципом измерения горизонтального угла конструкция теодолита должна удовлетворять следующим основным геометрическим условиям:

- ось цилиндрического уровня должна быть перпендикулярна к оси вращения теодолита;
- визирная ось зрительной трубы должна быть перпендикулярна к горизонтальной оси теодолита (оси вращения трубы);
- горизонтальная ось теодолита должна быть перпендикулярна к оси вращения теодолита.

Для выяснения соответствия теодолита 4Т30П заданным геометрическим условиям бригада №1 выполнили поверки.

Поверка цилиндрического уровня. Ось цилиндрического уровня горизонтального круга должна быть перпендикулярна к оси вращения теодолита. Перпендикулярность оси уровня вертикальной оси теодолита проверили следующим образом. Повернули алидаду так, чтобы ось уровня расположилась параллельно двум винтам подставки. Вращением этих винтов в противоположных направлениях вывели пузырек уровня на середину. Повернули алидаду на 90° и третьим подъемным винтом установили пузырек уровня на середину. Затем повернули алидаду на 180° и оценили смещение пузырька от среднего положения. Результат поверки: после поворота алидады на 180° отклонение пузырька составило не более чем одно деление, следовательно, условие выполнилось. Юстировка цилиндрического уровня не потребовалась.

Поверка коллимационной погрешности. Визирная ось зрительной трубы должна быть перпендикулярна к горизонтальной оси теодолита. Последовательность действий при поверке коллимационной ошибки была следующей:

Трубу теодолита при КЛ навели на удалённую, находящуюся примерно на одном горизонте с прибором точку и сняли отсчет КЛ по горизонтальному кругу.

Затем трубу перевели через зенит, навели на ту же точку и сняли отсчет КП.

Были получены следующие результаты измерений:

КЛ=65°46'00"

КП=245°46'00"

Вычислили коллимационную ошибку по формуле:

$$C = \frac{КЛ - КП \pm 180^\circ}{2} \quad (1.1.1)$$
$$C = \frac{65^\circ 46' 00'' - 245^\circ 46' 00'' + 180^\circ}{2} = 0^\circ 00' 00''$$

Результат поверки: коллимационная ошибка не превысила допустимую величину (двойную точность теодолита). Юстировка не потребовалась.

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

Теодолит установили на расстоянии 20 м от стены здания (рис. 1) и визировали на высоко расположенную точку, при КП.

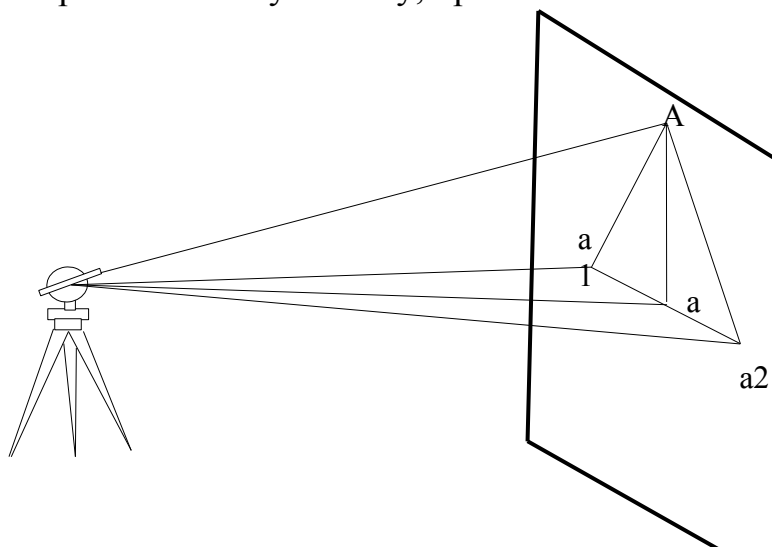


Рисунок 1 - Схема выполнения поверки положения горизонтальной оси теодолита

Опустили трубу до горизонтального положения и отметили на стене точку на пересечении сетки нитей a_1 . Перевели трубу через зенит и повторили те же действия при КЛ, отметив на стене точку a_2 .

Результат поверки: точки a_1 и a_2 совпали, значит, ось вращения зрительной трубы перпендикулярна к оси вращения теодолита.

Поверка сетки нитей. Вертикальный штрих сетки нитей должен быть параллелен, а горизонтальный перпендикулярен оси вращения прибора.

Навели пересечение сетки нитей на хорошо видимую точку и наводящим винтом алидады или зрительной трубы водили трубу, соответственно, влево - вправо, вверх - вниз.

Результат поверки: точка двигалась по горизонтальному или вертикальному штриху сетки нитей, отклонение не превысило $1/3$ величины биссектора сетки нитей, условие выполнилось.

Проверка места нуля вертикального круга. Место нуля (МО) вертикального круга должно быть равно 0° либо быть близким к 0° .

Чтобы убедиться в выполнении этого условия, мы проделали ряд следующих действий. Центр сетки нитей при положении вертикального круга КЛ навели на удаленную точку и сняли отсчет по вертикальному кругу – КЛ.

Зрительную трубу перевели в положение КП, центр сетки нитки навели на ту же точку, и повторно сняли отсчет по вертикальному кругу КП.

Были получены следующие результаты измерений:

$$КЛ=0^{\circ}21'00''$$

$$КП=0^{\circ}22'00''$$

Вычислили место нуля по формуле:

$$МО = \frac{КЛ - КП}{2} \quad (1.1.2)$$

$$МО = \frac{0^{\circ}21'00'' - 0^{\circ}22'00''}{2} = \frac{-0^{\circ}01'00''}{2} = -0^{\circ}00'30''$$

Результат проверки: место нуля вертикального круга близко к 0° , следовательно, условие выполнилось.

1.2 Проверки и юстировки нивелира

Нивелир А1-28 с погрешностью измерения на 1 км $\pm 1,5$ мм оснащён автокомпенсатором и зрительной трубой с 28-кратным увеличением, также оснащён оптикой с прямым изображением.

Перед проверками нам было необходимо при помощи круглого уровня приблизительно привести ось вращения нивелира в вертикальное положение.

Первая проверка. Проверка круглого уровня: ось круглого уровня должна быть параллельна оси вращения прибора.

Привели подъемными винтами пузырек круглого уровня в нуль-пункт и повернули верхнюю часть нивелира на 180° .

В случае отклонения пузырька круглого уровня исправление производится перемещением пузырька в направлении к центру на половину его отклонения с помощью исправительных винтов, на оставшуюся половину пузырек перемещается с помощью подъемных винтов. Отклонение пузырька не наблюдалось, поэтому исправление мы не производили.

Вторая проверка. Проверка сетки нитей. Горизонтальная нить сетки нитей должна быть перпендикулярна оси вращения прибора.

После приведения оси вращения нивелира в вертикальное положение мы навели горизонтальную нить на четко видимую точку. Вращая зрительную трубу в горизонтальной плоскости с помощью наводящего винта, следили, чтобы нить при этом оставалась на данной точке.

При невыполнении этого условия исправление производится поворотом диафрагмы сетки нитей.

Третья проверка. Проверка главного условия нивелира. Визирная ось трубы должна быть параллельна оси цилиндрического уровня.

Проверку осуществили двойным нивелированием одной линии длиной 30-40 м, т. е. перестановкой нивелира на место рейки, а рейки – на место нивелира (рис. 2).

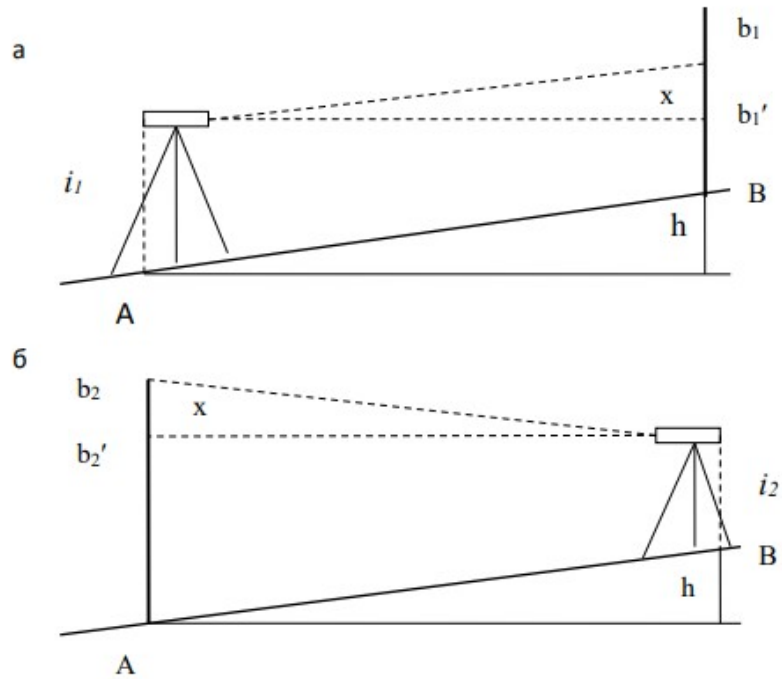


Рисунок 2 - Проверка главного условия нивелира

В первом положении $h = i_1 - b_1' = i_1 - (b_1 - x)$

Во втором положении $h = b_2' - i_2 = (b_2 - x) - i_2$

$$i_1 - (b_1 - x) = (b_2 - x) - i_2$$

$$i_1 + b_1 - x = b_2 - x - i_2$$

$$2x = b_1 + b_2 - i_1 - i_2, \text{ отсюда}$$

$$x = \frac{b_1 + b_2}{2} - \frac{i_1 + i_2}{2} \quad (1.2.1)$$

При проведении проверки главного условия нивелира у нас получились результаты, приведенные ниже:

$$x = \frac{b_1 + b_2}{2} - \frac{i_1 + i_2}{2} = \frac{1207 + 1406}{2} - \frac{1300 + 1310}{2} = 1,5$$

Если $x > 4$ мм, то производят исправление. В нашем случае $x = 1,5$ мм, следовательно, исправление не производилось.

2 Создание съемочного обоснования для карьера

Создание съемочного обоснования мы выполнили с помощью теодолитного хода I, II разряда.

Теодолитные ходы представляют собой системы ломаных линий, в которых горизонтальные углы измеряются техническими теодолитами (с точностью отсчетного приспособления 1' и 30»), а длины сторон – стальными мерными лентами, рулетками или оптическими дальномерами с точностью не ниже 1:2000. По точности теодолитные ходы подразделяются на разряды: I разряд – с относительной ошибкой (погрешностью) не ниже 1:2000, II разряда – не ниже 1:1000. Теодолитные ходы развиваются от пунктов плановых государственных геодезических сетей и сетей сгущения.

Теодолитные ходы бывают разомкнутые, начало и конец которых опирается на пункты геодезического обоснования, замкнутые – в виде многоугольника, примыкающего к пункту геодезического обоснования, висячие, один конец которого опирается на пункт геодезического обоснования, а второй конец остается свободным.

Ход работы:

1) Осматривая местность, определили возможность произвести съемочные обоснования. Вершины теодолитного хода закрепили кольями, центр обозначили крестообразной насечкой. Составили схематичный чертеж, на котором показали расположение точек относительно ситуации местности.

2) Измерение горизонтальных углов между точками теодолитного хода произвели техническим теодолитом 4Т30П. Центрирование теодолита над точкой осуществили нитяным центриром. При этом измерение угла осуществили двумя способами: способом приемов и повторений. Данные представлены в журнале измерения горизонтальных углов (Приложение А-0).

3) Выполнили измерение длин линий между точками. Измерение провели в прямом и обратном направлениях. Данные представлены в ведомости теодолитного хода (Приложение А-1).

4) Произвели вычисления. Вычислили угловую невязку теодолитного хода

$$f_{\beta} = \sum_1^n \beta_{\text{изм}} - \sum \beta_{\text{теор}} \quad (2.1)$$

$$f_{\beta} = 360^{\circ} 03' 00'' - 360^{\circ} = 00^{\circ} 03' 00''$$

$$\sum \beta_{\text{теор}} = 180^{\circ} (n - 2) \quad (2.2)$$

$$\sum \beta_{\text{теор}} = 180^{\circ} (4 - 2) = 360^{\circ}$$

5) Сравнили полученную невязку с допустимой, определяемой по формуле

$$f_{\text{дон}} = 1' \sqrt{n} \quad (2.3)$$

$$f_{\text{доп}} = 00^{\circ} 02' 00$$

$$f_{\beta} > f_{\text{доп}}$$

Угловая невязка превысила допустимую, следовательно, распределили ее поровну на все углы с обратным знаком.

Поправка в каждый угол

$$\delta_{\beta} = \frac{-f_{\beta}}{n} \quad (2.4)$$

$$\delta_{\beta} = -00^{\circ} 03' 00 \} \text{ over } \{4\} = -00^{\circ} 00' 45 \text{ и}$$

Данную поправку алгебраически сложили с измеренными углами

$$\beta_{1(\text{испр})} = \beta_1 + \delta_{\beta} \quad (2.5)$$

$$\beta_{2(\text{испр})} = \beta_2 + \delta_{\beta} \text{ и т.д.}$$

$$\beta_{1(\text{испр})} = 47^{\circ} 10' 00 - 00^{\circ} 00' 45 = 47^{\circ} 09' 15$$

$$\beta_{2(\text{испр})} = 78^{\circ} 41' 00 - 00^{\circ} 00' 45 = 78^{\circ} 40' 15$$

$$\beta_{3(\text{испр})} = 112^{\circ} 06' 00 - 00^{\circ} 00' 45 = 112^{\circ} 05' 15$$

$$\beta_{4(\text{испр})} = 122^{\circ} 06' 00 - 00^{\circ} 00' 45 = 122^{\circ} 05' 15$$

Контроль:

$$\sum \beta_{\text{испр}} = \sum \beta_{\text{теор}}$$

$$\sum \beta_{\text{испр}} = 47^{\circ} 09' 15 + 78^{\circ} 40' 15 + 112^{\circ} 05' 15 + 122^{\circ} 05' 15 = 360^{\circ} 00' 00 \text{ и}$$

$$\sum \beta_{\text{теор}}$$

6) По исправленным углам вычислили дирекционные углы сторон теодолитного хода и табличные углы

$$\alpha_{1-2} = \alpha_{A-1} \pm 180^{\circ} + \beta_{\text{прям}}$$

$$\alpha_{2-3} = \alpha_{1-2} \pm 180^{\circ} - \beta_2$$

$$\alpha_{3-4} = \alpha_{2-3} \pm 180^{\circ} - \beta_3$$

$$\alpha_{4-1} = \alpha_{3-4} \pm 180^{\circ} - \beta_4$$

$$\alpha_{1-2} = \alpha_{4-1} \pm 180^{\circ} - \beta_1$$

$$\alpha_{1-2} = 35^{\circ} 15' 00$$

$$\alpha_{2-3} = 35^{\circ} 15' 00 + 180^{\circ} - 78^{\circ} 40' 15 = 136^{\circ} 34' 45$$

$$\alpha_{3-4} = 136^{\circ} 34' 45 + 180^{\circ} - 112^{\circ} 05' 15 = 204^{\circ} 29' 30$$

$$\alpha_{4-1} = 204^{\circ} 29' 30 + 180^{\circ} - 122^{\circ} 05' 15 = 262^{\circ} 24' 15$$

$$\alpha_{1-2} = 262^{\circ} 24' 15 - 180^{\circ} - 47^{\circ} 09' 15 = 35^{\circ} 15' 00$$

7) Вычислили приращение координат

$$\Delta X = d \cdot \cos r \quad (2.6)$$

$$\Delta Y = d \cdot \sin r \quad (2.7)$$

$$\Delta X_1 = d_{1-2} \cdot \cos r_{1-2} = 59,650 \cdot \cos 35^\circ 15' 00'' = 48,713 \text{ м (I четверть)}$$

$$\Delta Y_1 = d_{1-2} \cdot \sin r_{1-2} = 59,650 \cdot \sin 35^\circ 15' 00'' = 34,427 \text{ м (I четверть)}$$

$$\Delta X_2 = -d_{2-3} \cdot \cos r_{2-3} = -20,060 \cdot \cos \hat{\alpha}$$

$$\hat{\alpha} - 14,570 \text{ м (II четверть)}$$

$$\Delta Y_2 = d_{2-3} \cdot \sin r_{2-3} = 20,060 \cdot \sin \hat{\alpha}$$

$$\hat{\alpha} 13,788 \text{ м (II четверть)}$$

$$\Delta X_3 = -d_{3-4} \cdot \cos r_{3-4} = -32,420 \cdot \cos \hat{\alpha}$$

$$\hat{\alpha} - 29,503 \text{ м (III четверть)}$$

$$\Delta Y_3 = -d_{3-4} \cdot \sin r_{3-4} = -32,420 \cdot \sin \hat{\alpha}$$

$$\hat{\alpha} - 13,440 \text{ м (III четверть)}$$

$$\Delta X_4 = -d_{4-1} \cdot \cos r_{4-1} = -35,080 \cdot \cos \hat{\alpha}$$

$$= -4,637 \text{ м (III четверть)}$$

$$\Delta Y_4 = -d_{4-1} \cdot \sin r_{4-1} = -35,080 \cdot \sin \hat{\alpha}$$

$$\hat{\alpha} - 34,772 \text{ м (III четверть)}$$

8) Теоретическая сумма приращений координат

$$f_X = 34,427 + 13,788 - 13,440 - 34,772 = 0,003 \text{ м}$$

$$f_Y = 48,713 - 14,570 - 29,503 - 4,637 = 0,003 \text{ м}$$

Абсолютная линейная невязка теодолитного хода

$$f_{abc} = \pm \sqrt{f_X^2 + f_Y^2} \quad (2.8)$$

$$f_{abc} = \pm \sqrt{0,003^2 + 0,003^2} = \pm 0,004$$

Относительная линейная невязка

$$f_{отн} = \frac{f_{abc}}{P} = \frac{0,004}{147,21} = \frac{1}{36800}$$

$$f_{доп} = \frac{1}{1000}$$

$$f_{отн} \leq f_{доп}$$

Относительная фактическая невязка не превысила допустимую, следовательно невязки f_X и f_Y распределили на все соответствующие приращения $\sum X$ и $\sum Y$ пропорционально длинам сторон с обратным знаком.

9) Поправки в приращении

$$\delta_x = \frac{f_x}{P} d \quad (2.9)$$

$$\delta_y = \frac{f_y}{P} d \quad (2.10)$$

$$\delta_{x_1} = \frac{-0,003}{147,21} 59,650 = -0,001$$

$$\delta_{x_2} = \frac{-0,003}{147,21} 20,060 = 0$$

$$\delta_{x_3} = \frac{-0,003}{147,21} 32,420 = -0,001$$

$$\delta_{x_4} = \frac{-0,003}{147,21} 35,080 = -0,001$$

$$\delta_{y_1} = \frac{-0,003}{147,21} 59,650 = -0,001$$

$$\delta_{y_2} = \frac{-0,003}{147,21} 20,060 = 0$$

$$\delta_{y_3} = \frac{-0,003}{147,21} 32,420 = -0,001$$

$$\delta_{y_4} = \frac{-0,003}{147,21} 35,080 = -0,001$$

10) Вычислили исправленные приращения координат

$$\Delta X_{испр} = \Delta X_i + \delta_{xi} \quad (2.11)$$

$$\Delta Y_{испр} = \Delta Y_i + \delta_{yi} \quad (2.12)$$

$$\Delta X_1 = 48,713 - 0,001 = 48,712 \text{ м}$$

$$\Delta Y_1 = 34,427 - 0,001 = 34,426 \text{ м}$$

$$\Delta X_2 = -14,570 - 0 = -14,570 \text{ м}$$

$$\Delta Y_2 = 13,788 - 0 = 13,788 \text{ м}$$

$$\Delta X_3 = -29,503 - 0,001 = -29,504 \text{ м}$$

$$\Delta Y_3 = -13,440 - 0,001 = -13,441 \text{ м}$$

$$\Delta X_4 = -4,637 - 0,001 = -4,638 \text{ м}$$

$$\Delta Y_4 = -34,772 - 0,001 = -34,773 \text{ м}$$

11) Контроль правильности вычисления исправленных приращений

$$\sum \Delta X_{испр} = 0$$

$$\sum \Delta Y_{испр} = 0$$

$$\sum \Delta X_{испр} = 48,712 - 14,570 - 29,504 - 4,638 = 0$$

$$\sum \Delta Y_{испр} = 34,426 + 13,788 - 13,441 - 34,773 = 0$$

12) Нашли координаты всех вершин теодолитного хода

$$X_n = X_{n-1} + \Delta X_{испр} \quad (2.13)$$

$$Y_n = Y_{n-1} + \Delta Y_{испр} \quad (2.14)$$

$$X_1 = 605,308$$

$$Y_1 = 550,510$$

$$X_2 = 605,308 + 48,712 = 654,020 \text{ м}$$

$$Y_2 = 550,510 + 34,426 = 584,936 \text{ м}$$

$$X_3 = 654,020 - 14,570 = 639,450 \text{ м}$$

$$Y_3 = 584,936 + 13,788 = 598,724 \text{ м}$$

$$X_4 = 639,450 - 29,504 = 609,946 \text{ м}$$

$$Y_4 = 598,724 - 13,441 = 585,283 \text{ м}$$

$$X_1 = 609,946 - 4,638 = 605,308 \text{ м}$$

$$Y_1 = 585,283 - 34,773 = 550,510 \text{ м}$$

Все результаты вычислений занесены в «Ведомость вычислений координат вершин теодолитного хода» (Приложение А-1)

3 Измерение горизонтальных углов

3.1 Способ приемов

При неподвижном лимбе вращением алидады визируют на заднюю точку А и делают отсчет a по лимбу при помощи отсчетного микроскопа (рис. 3). Открыв алидаду, визируют на переднюю С, по аналогии с предыдущим берут отсчет b . Тогда значение угла β , измеренное, например, при КП

$$\beta_{КП} = a - b \quad (3.1.1)$$

Указанное действие составляет один полуприём.

Переводят трубу через зенит и повторяют измерения при КЛ, т. е. выполняют второй полуприём.

$$\beta_{КЛ} = a' - b' \quad (3.1.2)$$

Два независимых полуприема составляют полный прием. Расхождение результатов измерений по первому и второму полуприемам не должно превышать двойной точности отсчетного устройства теодолита, т. е.

$$\beta_{КП} - \beta_{КЛ} < \pm 2t$$

Если расхождение допустимо, то за окончательный результат принимают среднее значение угла.

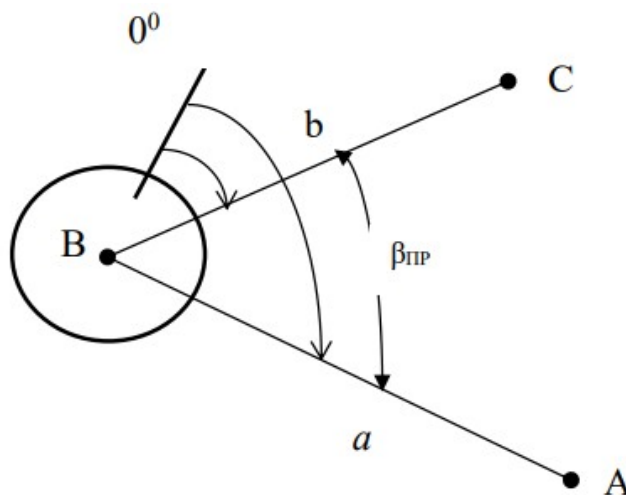


Рисунок 3 - Измерение горизонтального угла способом приемов

$$\beta = \frac{\beta_{КП} + \beta_{КЛ}}{2} \quad (3.1.3)$$

Результат будет свободен от влияния эксцентриситета, коллимационной погрешности и погрешности за счет наклона оси вращения трубы. Результаты измерений заносят в журнал (табл. 1).

Таблица 1 - Журнал измерения горизонтального угла способом приёмов

Точка стояния	Точка визирования	Отсчеты			Углы			Средний угол		
		°	'	"	°	'	"	°	'	"
В	А	15	42	30	168	25	00	168	26	30
	С	207	17	30						
В	А	195	43	00						
	С	27	17	00						

Значения измеренных углов по каждому полуприему и среднее значение угла вычисляют на станции, пока не снят теодолит. Для повышения точности измерения горизонтального угла его измеряют n – приемами. Для ослабления влияния погрешностей делений лимба производят перестановку лимба между приемами на $180^\circ/n$, где n – число приемов.

3.2 Способ повторений

Способ повторений применяется для измерения углов, когда надо повысить точность конечного результата путем ослабления погрешностей отсчитывания; используется при работе с техническими повторительными теодолитами.

Теодолит устанавливают в точке В и приводят его в рабочее положение (рис. 4). Устанавливают на лимбе отсчет близкий к нулю. Открыв зажимной винт лимба, визируют на заднюю точку А и снимают начальный отсчет a_0 . Открыв алидаду, визируют на переднюю точку и берут контрольный отсчет a_k .

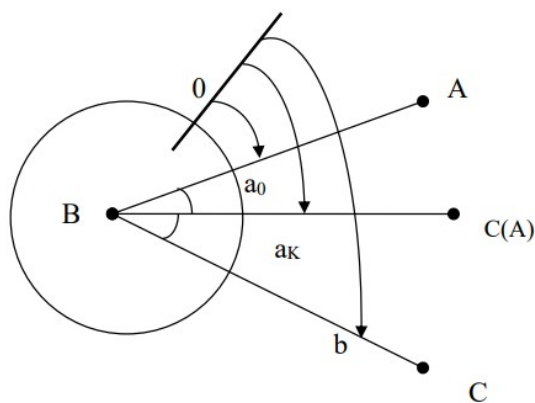


Рисунок 4 - Измерение горизонтального угла способом повторений.

Переводят трубу через зенит, открепляют лимб и визируют на заднюю точку. Отсчет не берут, т. к. он останется равным a_k . Открыв алидаду, визируют на переднюю точку и берут окончательный отсчет b .

$$\beta = \frac{b - a_0}{2} \quad (3.1.2)$$

Найденное значение сравнивают с контрольными

$$\beta_k = a_k - a_0 \quad (3.1.3)$$

$$\beta - \beta_k \leq 1,5t$$

4 Опорные сети

Совокупность пунктов на местности, для которых определены координаты X , Y , H называется опорной сетью.

Геодезические опорные сети строятся по принципу «от общего к частному». Это означает, что вначале на территории страны создают сравнительно редкую сеть пунктов, координаты X , Y и высоты H которых определяются с наивысшей точностью. Затем эта сеть сгущается в несколько ступеней. На каждой последующей ступени определение координат пунктов производится на основе пунктов высшей ступени и с меньшей точностью.

Различают плановые опорные сети, в которых для каждого пункта определяются координаты X , Y в общегосударственной системе плоских прямоугольных координат, и высотные опорные сети, в которых определяются высоты H в Балтийской системе высот.

Геодезические опорные сети подразделяются на следующие виды:

- 1) государственные геодезические сети;
- 2) геодезические сети сгущения (сети местного значения);
- 3) съемочные геодезические сети.

Государственные геодезические сети включают в себя плановые сети 1, 2, 3, 4 классов, которые отличаются между собой точностью угловых и линейных измерений, длинами сторон и порядком их последовательного развития, и высотные сети (нивелирные сети) I, II, III, IV классов.

Плановые геодезические сети строятся методом триангуляции, трилатерации и полигонометрии.

Триангуляция – метод построения геодезической сети в виде треугольников, в которых измеряются все углы и некоторые стороны. Если в треугольнике измеряются только длины сторон, такая сеть называется трилатерацией. Полигонометрия – геодезическая сеть в виде ломанных линий, в которых измерены углы и длины.

Геодезические сети сгущения опираются на пункты государственных геодезических сетей. Они служат для обоснования крупномасштабных съемок, инженерно-геодезических и маркшейдерских работ. Плановые сети сгущения создаются в виде триангуляции (аналитические сети) и полигонометрии 1-2 разрядов.

На все пункты геодезических сетей сгущения должны быть переданы отметки нивелированием IV класса или техническим нивелированием.

На основе сетей сгущения создаются съемочные сети. Они создаются в виде аналитических сетей (сетей триангуляции), теодолитных, тахеометрических и мензульных ходов, прямыми и обратными засечками. Высоты точек съемочного обоснования определяются геометрическим и тригонометрическим нивелированием.

Маркшейдерские опорные сети на территории разведываемых месторождений полезных ископаемых и экономической заинтересованности горных предприятий состоят из пунктов государственной геодезической сети и геодезической сети местного значения.

Маркшейдерскую опорную геодезическую сеть создают:

- методами спутниковой геодезии;
- методами триангуляции и полигонометрии I и II классов;
- нивелированием III и IV классов;

На 1 км² должно быть не менее 4 пунктов опорной геодезической сети, а также не менее 1 репера на 5 км².

Пункты опорной геодезической сети располагают на борте карьера или в непосредственной близости от них, а также с учётом перспектив развития горных работ, размеров и глубины карьера и др.

Плановое положение сети определяют следующими способами:

- системой GPS;
- геодезической прямой и обратной засечкой;
- полярным способом;
- проложением теодолитных ходов;
- аналитической пространственной фототриангуляцией;
- створных линий.

Погрешность не должна превышать 0.4 мм на плане в принятом масштабе пунктов опорной геодезической сети от другого.

В зависимости от принятого масштаба съёмки (1:1000, 1:2000, 1:5000) длина цепочки не должна превышать соответственно 1.5, 3.5 и 6 км. Количество пунктов при этом не более 7, а сторона треугольника принимается не более 1 км, невязки углов в треугольниках допускаются не более 1'.

При определении координат пунктов прямо засечкой достаточно 3 пунктов опорной сети. В случае использования обратной засечки необходимо иметь 4 исходных пункта.

При использовании засечки необходимо соблюдать следующие условия:

- исходные или определяемые пункты не должны лежать на одной окружности;
- углы при определяемом пункте не должны быть менее 30° и не более 150°.

5 Прямая и обратная геодезические засечки.

Для окончательного сгущения геодезической сети пунктами съемочного обоснования часто определяют дополнительные пункты, которые строятся прямыми и обратными геодезическими засечками либо их комбинациями.

Геодезические засечки широко применяются в практике маркшейдерских работ для определения подходных пунктов к стволам шахт, при развитии маркшейдерско-геодезических сетей на открытых горных разработках и т.п.

5.1 Прямая геодезическая засечка

Применяется для определения координат дополнительной точки на основании двух исходных пунктов с известными координатами на местности, неудобной для производства линейных измерений. Для этого достаточно, установив теодолит последовательно на исходных пунктах А и В измерить горизонтальные углы β_A и β_B между исходной стороной АВ и направлениями на определяемую точку.

Прямая засечка может быть использована также для привязки теодолитных или тахеометрических ходов к пунктам геодезической опорной сети, для чего необходимо измерить дополнительно примычный угол φ_1 (или φ_2) на определяемой точке.

Были даны координаты точки А (605,308; 550,510) и В (654,020; 584,936) измерены горизонтальные углы $\beta_A=23^\circ 36' 00''$ и $\beta_B=40^\circ 18' 00''$ (рис. 5). Нужно было найти координаты точки С ($X_C; Y_C$).

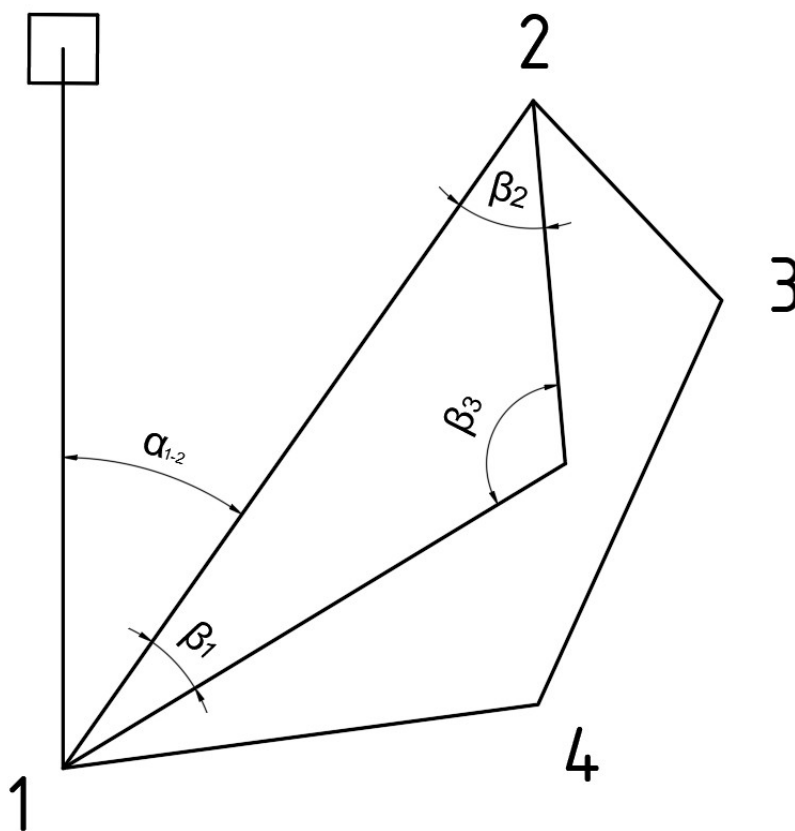


Рисунок 5 – Прямая геодезическая засечка

1. Вычислили горизонтальный угол β_C .

$$\beta_C = 180^\circ - (\beta_A + \beta_B) = 180^\circ - (23^\circ 36' 00'' + 40^\circ 18' 00'') = 116^\circ 06' 00''$$

2. Определили дирекционный угол α_{1-2} , а также длину стороны АВ.

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} r_{AB} &= \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A} = \frac{584,936 - 550,510}{654,020 - 605,308} = 0,70672524224 \\ r_{AB} &= \operatorname{arctg}(0,70672524224) = 35^\circ 15' 00'' \end{aligned}$$

$\alpha_{AB} = r_{AB}$, т.к. r_{AB} находится в I четверти.

$$d_{AB} = \frac{y_B - y_A}{\sin r_{AB}} = \frac{x_B - x_A}{\cos r_{AB}} = \frac{34,426}{\sin(35^\circ 15' 00'')} = 59,6488 \text{ м}$$

3. Определили длины других сторон треугольника.

$$\begin{aligned} d_{AC} &= \frac{d_{AB} * \sin \beta_B}{\sin \beta_C} = \frac{59,6488 * \sin 40^\circ 18' 00''}{\sin(116^\circ 06' 00'')} = 42,9611 \text{ м} \\ d_{BC} &= \frac{d_{AB} * \sin \beta_A}{\sin \beta_C} = \frac{59,6488 * \sin 23^\circ 36' 00''}{\sin(116^\circ 06' 00'')} = 26,5919 \text{ м} \end{aligned}$$

4. Нашли дирекционные углы α_{AC} и α_{BC} .

$$\begin{aligned} \alpha_{AC} &= \alpha_{AB} + \beta_A = 35^\circ 15' 00'' + 23^\circ 36' 00'' = 58^\circ 51' 00'' \\ \alpha_{BC} &= \beta_A - \alpha_{AB} = 40^\circ 18' 00'' - 35^\circ 15' 00'' = 5^\circ 03' 00'' \end{aligned}$$

5. Вычислили приращения координат точки С.

$$\begin{aligned} \Delta X_{AC} &= d_{AC} * \cos \alpha_{AC} = 42,9611 * \cos(58^\circ 51' 00'') = 22,2231 \text{ м} \\ \Delta Y_{AC} &= d_{AC} * \sin \alpha_{AC} = 42,9611 * \sin(58^\circ 51' 00'') = 36,7669 \text{ м} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta X_{BC} &= d_{BC} * \cos \alpha_{BC} = 26,5919 * \cos(5^\circ 03' 00'') = -26,4889 \text{ м} \\ \Delta Y_{BC} &= d_{BC} * \sin \alpha_{BC} = 26,5919 * \sin(5^\circ 03' 00'') = 2,3409 \text{ м} \end{aligned}$$

6. Нашли координаты искомой точки С.

$$\begin{aligned} \text{А: } & \begin{cases} X_C = X_A + \Delta X_{BC} = 605,308 + 22,2231 = 627,5311 \text{ м} \\ Y_C = Y_A + \Delta Y_{BC} = 550,510 + 36,7669 = 587,2769 \text{ м} \end{cases} \\ \text{В: } & \begin{cases} X_C = X_B + \Delta X_{BC} = 654,050 - 26,4889 = 627,5311 \text{ м} \\ Y_C = Y_B + \Delta Y_{BC} = 584,936 + 2,3409 = 587,2769 \text{ м} \end{cases} \end{aligned}$$

5.2 Обратная геодезическая засечка

Заключается в определении координат дополнительной точки M путём измерения на этой точке углов (α, β, γ) между направлениями на три данных пункта и более с известными координатами.

При использовании обратной засечки для привязки теодолитных или тахеометрических ходов к пунктам геодезической опорной сети необходимо измерить дополнительно примычный угол η на определяемой точке.

Были даны координаты пунктов А (609,946; 585,283), В (605,308; 550,510) и С (654,020; 584,936), измерены горизонтальные углы $\alpha=52^\circ 51' 00''$, $\beta=116^\circ 03' 00''$ (рис. 6). Необходимо было найти координаты точки М ($X_M; Y_M$).

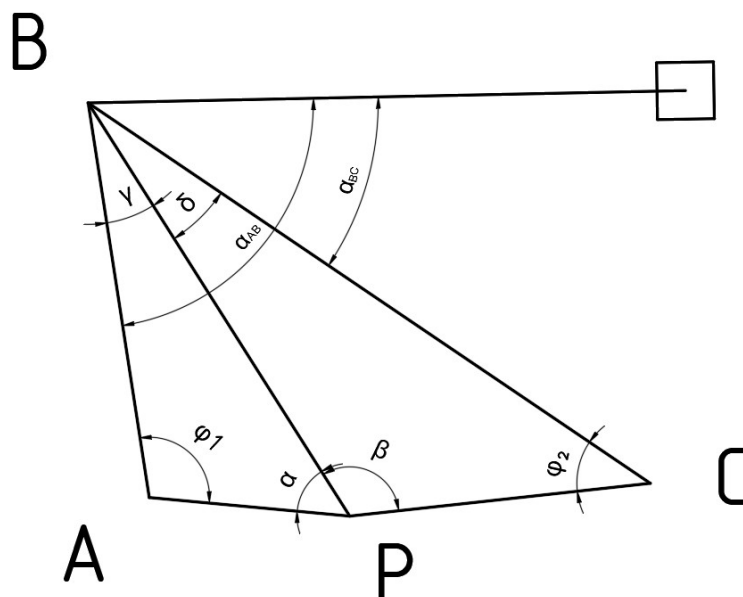


Рисунок 6 – Обратная геодезическая засечка

1. Нашли дирекционные углы α_{AB} и α_{BC} и горизонтальные длины c и d .

$$\operatorname{tg} r_{AB} = \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A} = \frac{550,510 - 585,283}{605,308 - 609,946} = 7,0661923243$$

$$r_{AB} = \operatorname{arctg}(7,0661923243) = 81^\circ 56' 42''$$

$$\alpha_{AB} = 180^\circ + r_{AB} = 180^\circ + 81^\circ 56' 42'' = 261^\circ 56' 42'', \text{ т.к. III четверть.}$$

$$\operatorname{tg} r_{BC} = \frac{y_C - y_B}{x_C - x_B} = \frac{584,936 - 550,510}{654,020 - 605,308} = 0,7067252422$$

$$r_{BC} = \operatorname{arctg}(0,7067252422) = 35^\circ 15' 00''$$

$$\alpha_{BC} = r_{BC} = 35^\circ 15' 00'', \text{ т.к. I четверть.}$$

$$c = \frac{y_B - y_A}{\sin r_{AB}} = \frac{550,510 - 585,283}{\sin(81^\circ 56' 42'')} = 35,1195 \text{ м}$$

$$d = \frac{y_C - y_B}{\sin r_{BC}} = \frac{584,936 - 550,510}{\sin(35^\circ 15' 00'')} = 59,6488 \text{ м}$$

2. Вычислили значение угла ABC.

$$\angle ABC = \gamma + \delta = r_{AB} - r_{BC} = 81^\circ 56' 42'' - 35^\circ 15' 00'' = 46^\circ 41' 42''$$

3. Определили горизонтальные углы φ_1 и φ_2 .

а) Нашли сумму углов φ_1 и φ_2 .

$$\begin{aligned}\varphi_1 + \varphi_2 &= 360^\circ - (\gamma + \delta) - (\alpha + \beta) = 360^\circ - 46^\circ 41' 42'' - \zeta \\ &+ 116^\circ 03' 00'' \zeta = 144^\circ 24' 18''\end{aligned}$$

б) Определили разность углов φ_1 и φ_2 .

$$\frac{d * \sin \alpha}{c * \sin \beta} = \frac{\sin \varphi_1}{\sin \varphi_2} = \operatorname{ctg} \theta \quad (5.2.1)$$

$$\begin{aligned}\frac{59,6488 * \sin(52^\circ 51' 00'')}{35,1195 * \sin(116^\circ 03' 00'')} &= 1,506842136359 \\ \theta &= \operatorname{arctg}(1,506842136359) = 33^\circ 34' 11''\end{aligned}$$

$$\operatorname{tg} \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2} = \operatorname{tg} \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2} * \operatorname{ctg}(45^\circ + \theta) \quad (5.2.2)$$

$$\operatorname{tg} \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2} = \operatorname{tg} \left(\frac{144^\circ 24' 18''}{2} \right) * \operatorname{ctg}(78^\circ 34' 11'') = 0,62982807898178$$

$$\frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2} = \operatorname{arctg}(0,62982807898178) = 32^\circ 12' 14''$$

в) Нашли значения углов φ_1 и φ_2 .

$$\varphi_1 = \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2} + \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2} = \frac{144^\circ 24' 18''}{2} + 32^\circ 12' 14'' = 104^\circ 24' 23''$$

$$\varphi_2 = \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2} - \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2} = \frac{144^\circ 24' 18''}{2} - 32^\circ 12' 14'' = 39^\circ 59' 55''$$

4. Определили углы γ и δ .

$$\gamma = 180^\circ - \varphi_1 - \alpha = 180^\circ - 104^\circ 24' 23'' - 52^\circ 51' 00'' = 22^\circ 44' 37''$$

$$\delta = 180^\circ - \varphi_2 - \beta = 180^\circ - 39^\circ 59' 55'' - 116^\circ 03' 00'' = 23^\circ 57' 05''$$

Контроль: $\gamma + \delta = \zeta ABC = \zeta 22^\circ 44' 37'' + 23^\circ 57' 05'' = 46^\circ 41' 42''$

5. Нашли дирекционные углы AM и CM и горизонтальные длины этих сторон S_1, S_2, S_{BM} .

$$\alpha_{AM} = \alpha_{AB} + \varphi_1 = 261^\circ 56' 42'' + 104^\circ 24' 23'' = 366^\circ 21' 05''$$

$$\alpha_{CM} = \alpha_{CB} - \varphi_2 = 35^\circ 15' 00'' + 180^\circ - 39^\circ 59' 55'' = 175^\circ 15' 05''$$

$$S_1 = \frac{c * \sin \gamma}{\sin \alpha} = \frac{35,1195 * \sin(22^\circ 44' 37'')}{\sin(52^\circ 51' 00'')} = 17,0345 \text{ м}$$

$$S_2 = \frac{d * \sin \delta}{\sin \beta} = \frac{59,6488 * \sin(23^\circ 57' 05'')}{\sin(116^\circ 03' 00'')} = 26,9532 \text{ м}$$

$$S_{BM} = \frac{c * \sin \varphi_1}{\sin \alpha} = \frac{d * \sin \varphi_2}{\sin \beta} = \frac{35,1195 * \sin(104^\circ 24' 23'')}{\sin(52^\circ 51' 00'')} = 42,6759 \text{ м}$$

6. Вычислили приращение координат точки M :

$$A: \begin{cases} \Delta X_{AM} = S_1 * \cos \alpha_{AM} = 17,0345 * \cos(366^\circ 21' 05'') = 16,92994 \text{ м} \\ \Delta Y_{AM} = S_1 * \sin \alpha_{AM} = 17,0345 * \sin(366^\circ 21' 05'') = 1,88445 \text{ м} \end{cases}$$

$$C: \begin{cases} \Delta X_{CM} = S_2 * \cos \alpha_{CM} = 26,9532 * \cos(175^\circ 15' 05'') = -26,86068 \text{ м} \\ \Delta Y_{CM} = S_2 * \sin \alpha_{CM} = 26,9532 * \sin(175^\circ 15' 05'') = 2,23129 \text{ м} \end{cases}$$

7. Вычислили координаты искомой точки M дважды:

$$A: \begin{cases} X_M = X_A + \Delta X_{AM} = 609,946 + 16,92994 = 626,876 \text{ м} \\ Y_M = Y_A + \Delta Y_{AM} = 585,283 + 1,88445 = 587,167 \text{ м} \end{cases}$$

$$C: \begin{cases} X_M = X_C + \Delta X_{CM} = 654,020 - 26,86068 = 627,159 \text{ м} \\ Y_M = Y_C + \Delta Y_{CM} = 584,936 + 2,23129 = 587,167 \text{ м} \end{cases}$$

6 Вынос точки на местность

На плане горных работ координаты точки не заданы, поэтому нашли эту точку графическим способом.

Этот способ применяется, когда нужно вычертить координатную сетку с небольшим числом квадратов. Число квадратов по оси x и y определялись по следующим формулам:

$$X = X_{max} - X_{min}, Y = Y_{max} - Y_{min}$$

$$N_x = \frac{\Delta X}{200}$$

$$N_y = \frac{\Delta Y}{200}$$

где X_{max} , Y_{max} максимальные значения координат точек, округленные в большую сторону до величин, кратных длине квадрата в данном масштабе. X_{min} , Y_{min} минимальные значения координат, округленные в меньшую сторону до величин, кратных длине квадрата сетки в данном масштабе.

Проводят диагонали AB и CD . Из точки пересечения диагоналей (точка O) сделали засечки одинакового размера. Полученные точки a , c , b , d соединили прямыми линиями. Стороны прямоугольника $acbd$ разделили пополам и через точки деления провели прямые 1-2, 3-4, которые должны пройти через точку O пересечения диагоналей. В нашем случае число квадратов нечетное, значит от точек 1,2,3,4 вначале в обе стороны отложили отрезки по 5 см, а затем – по 10 см.

Координатную сетку подписали в соответствии с координатами точек теодолитного хода. Для этого взяли минимальное и максимальное значения X и Y , которые использовались для нахождения числа квадратов сетки по осям X и Y . У нижней горизонтальной линии сетки слева от крайней вертикальной линии подписали минимальное значение абсциссы сбоку самой верхней

горизонтальной линии – максимальное значение X . Аналогично подписали вертикальные линии (ординаты).

Затем нанесли по координатам точки теодолитного хода и проверили правильность нанесения вершин теодолитного хода.

Правильность вершин теодолитного хода проверяют:

- по дирекционным углам

- по внутренним углам при вершинах теодолитного хода.

Подготовка исходных данных для выноса точки

Нанесение точек на план теодолитного хода произвели по их вычисленным углам и проложениям.

Далее с помощью обратной геодезической задачи по известным координатам точек 2 (654,020;584,936), 3 (639,450;598,724), М (635,600;585,400), определили дирекционные углы $\alpha_{2-М}$, $\alpha_{3-М}$ данных направлений и горизонтальные проложения сторон $d_{2-М}$, $d_{3-М}$.

Для точки 2.

$$\operatorname{tg} r_{2-М} = \frac{\Delta Y}{\Delta X} = \frac{Y_m - Y_2}{X_m - X_2} = \frac{585,400 - 584,936}{635,600 - 654,020} = -0,02519001085776$$

$$r_{2-М} = \operatorname{arctg}(-0,02519001085776) = -1^\circ 26' 35$$

$$d_{2-М} = \frac{\Delta x}{\cos(r_{2-М})} = \frac{X_m - X_2}{\cos(-1^\circ 26' 35)} = \{635,600 - 654,020\} \operatorname{over} \{\cos(-1^\circ 26' 35)\} = 18,4258$$

$$d_{2-М} = \frac{\Delta y}{\sin(r_{2-М})} = \frac{Y_m - Y_2}{\sin(-1^\circ 26' 35)} = \{585,400 - 584,936\} \operatorname{over} \{\sin(-1^\circ 26' 35)\} = 18,4258$$

$$d_{2-М} = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} = 18,4248$$

Для точки 3.

$$\operatorname{tg} r_{3-М} = \frac{\Delta Y}{\Delta X} = \frac{Y_m - Y_3}{X_m - X_3} = \frac{585,400 - 598,724}{635,600 - 639,450} = 3,46077922$$

$$r_{3-М} = \operatorname{arctg}(3,46077922) = 79^\circ 52' 59$$

$$d_{3-М} = \frac{\Delta x}{\cos(r_{3-М})} = \frac{X_m - X_3}{\cos(79^\circ 52' 59)} = \{635,600 - 639,450\} \operatorname{over} \{\cos(79^\circ 52' 59)\} = -13,8689$$

$$d_{3-М} = \frac{\Delta y}{\sin(r_{3-М})} = \frac{Y_m - Y_3}{\sin(79^\circ 52' 59)} = \{585,400 - 598,724\} \operatorname{over} \{\sin(79^\circ 52' 59)\} = -13,8689$$

$$d_{3-М} = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} = 13,8689$$

$$2\text{-ая четв. } \alpha_{2-М} = 180^\circ - r_{2-М} = 180^\circ - 1^\circ 26' 35 = 178^\circ 33' 25$$

$$3\text{-ая четв. } \alpha_{3-М} = 180^\circ + r_{3-М} = 180^\circ + 79^\circ 52' 59 = 253^\circ 52' 59$$

$$\operatorname{tg} r_{2-3} = \frac{\Delta Y}{\Delta X} = \frac{Y_3 - Y_2}{X_3 - X_2} = \frac{598,724 - 584,936}{639,450 - 654,020} = -0,94632807137955$$

$$r_{2-3} = \operatorname{arctg}(-0,94632807137955) = 43^\circ 25' 13$$

$$\text{2-ая четв. } \alpha_{2-3} = 180^\circ - r_{2-3} = 180^\circ - 43^\circ 25' 13 = 136^\circ 34' 47$$

$$\beta_1 = \alpha_{2-M} - \alpha_{2-3} = 178^\circ 33' 25 - 136^\circ 34' 47 = 41^\circ 58' 38$$

$$\beta_2 = \alpha_{3-2} - \alpha_{2-M} = 136^\circ 34' 47 + 180^\circ - 253^\circ 52' 59 = 62^\circ 41' 48$$

Графическая часть выполнена в программе AutoCad (Приложение Б-0)

Вынос точки на местность производился тремя способами:

- способ полярных координат (рис. 7). Измерили углы β_1, β_2 от исходного направления (стороны теодолитного хода) до характерной точки снимаемого объекта и расстояния l_1, l_2 до этих точек. Углы измерили теодолитом одним полуприемом, длины – стальной мерной лентой, оптическим или нитяным дальномером.

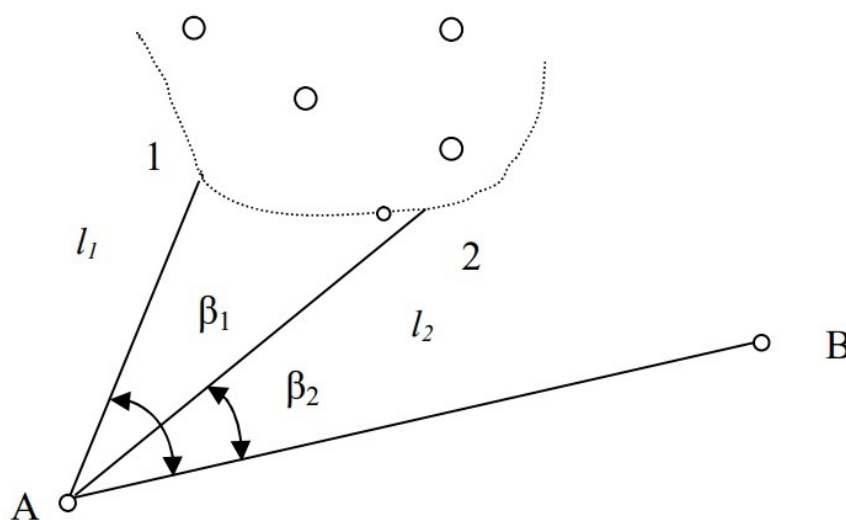


Рисунок 7 - Полярный способ

- способ угловых и линейных засечек (рис. 8).

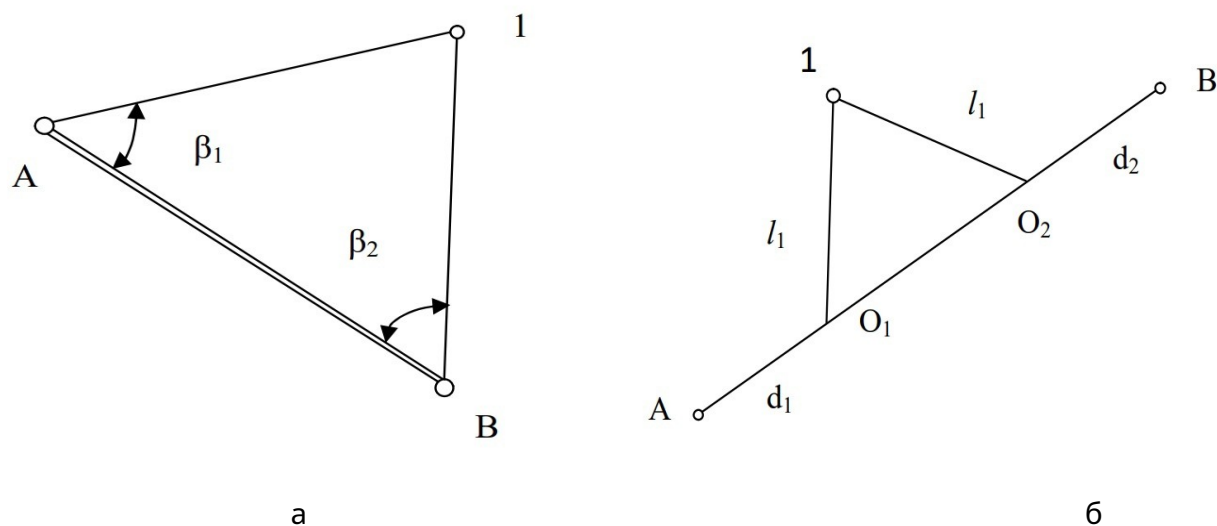


Рисунок 8 - Съёмка ситуации способом засечек: а) способ угловых засечек; б) способ линейных засечек

Сущность угловой засечки заключалась в следующем. В точках А и В при помощи теодолита измерили углы β_1 и β_2 между исходной стороной и направлением на снимаемую точку (рис. 8, а). Способ угловых засечек применяется для съёмки труднодоступных точек в открытой местности.

7 Техническое нивелирование

Техническое нивелирование производится:

а) для создания высотного обоснования для топографических съёмок масштабов 1:500 – 1:5000;

б) с целью обеспечения строительства линейных сооружений (железных дорог, автомобильных дорог, каналов, трубопроводов) – его называют продольным нивелированием;

в) для получения детального плана на участке строительства крупных объектов;

г) нивелирование поверхности или площадное нивелирование. Для создания рабочего обоснования должны выполняться следующие условия. Нормальная длина визирного луча - 120 м; в хороших условиях видимости – до 200 м. Отсчеты снимают по средней нити по красной и черной сторонам реек. Разность превышений по красной и черной сторонам реек не должна превышать 5 мм.

Техническое нивелирование по горным выработкам

Основное назначение этого вида работ — это обеспечение проходки горных выработок с заданным уклоном, проведение сбоек, получение данных для прокладки транспортных путей и тд.

Полевые работы для технического нивелирования состоят из рекогносцировки, разбивки и закрепления в горной выработке пикетов, определение превышения между связующими пикетами и нивелировки промежуточных пикетов.

Связующие пикеты выбираются из числа обычных, которые в шахте закрепляются через 10-20м. Отсчеты по связующим пикетам берутся по двум сторонам реек или по двум горизонтам инструмента.

7.1 Тригонометрическое нивелирование по горным выработкам

Тригонометрическое нивелирование ведется при углах наклона 5-8°.

При тригонометрическом нивелировании измеряют 4 величины:

- вертикальный угол (δ_n);
- длину линий между теодолитными точками (l);
- высоту инструмента (i);
- высоту сигнала(v).

Определение высот пунктов опорной сети.

При передаче высот тригонометрическим нивелированием вертикальные углы измеряют в прямом и обратном направлениях.

Расхождение значений МО не должно превышать 1°30'.

При определении высот пунктов опорной сети, тригонометрическое нивелирование может быть самостоятельным видом работ.

Стороны измеряют в соответствии с требованиями подземных полиметрических работ.

Высоты инструментов сигнала измеряют дважды (отсчеты берут до мм).

Разность превышений не должна превышать $h_{np} - h_{обр} \leq 0,4l, мм$; где l – [м].
$$f_h = \sum h_{np} - \sum h_{обр} \leq 100\sqrt{L}, мм (7.1.1)$$

где L-[км].

Определение высот пунктов съемочной сети

Тригонометрическое нивелирование выполняют, как правило, одновременно с проложением теодолитных или угломерных ходов.

Вертикальные углы измеряют при двух положениях вертикального круга в прямом и обратных направлениях; или в одном направлении с изменением высот сигнала перед вторым измерением.

В теодолитных ходах при определении высот тригонометрического нивелирования должны соблюдаться следующие требования:

1. Расхождения значений МО вначале и конце хода должны быть не более 3'.
2. Расхождение между двумя определениями высоты теодолита или сигнала не более 10мм.
3. Разность превышений одной и той же стороны не более 0,001 её длины.
4. Допустимая высотная невязка $f_h = \sum h_{np} - \sum h_{обр} \leq 120\sqrt{L}, мм$; где L-[км].

5. Ходы уравнивают распределением невязок пропорционально длине сторон хода (округляем до сантиметров).

В практике, при производстве тригонометрического нивелирования, в зависимости от направления хода и места расположения теодолитных точек выработки может быть 8-7 определений превышения: 4 при нивелировании по восстанию, 4 по падению.

Схемы тригонометрического нивелирования в шахте приведены на рис. 9.

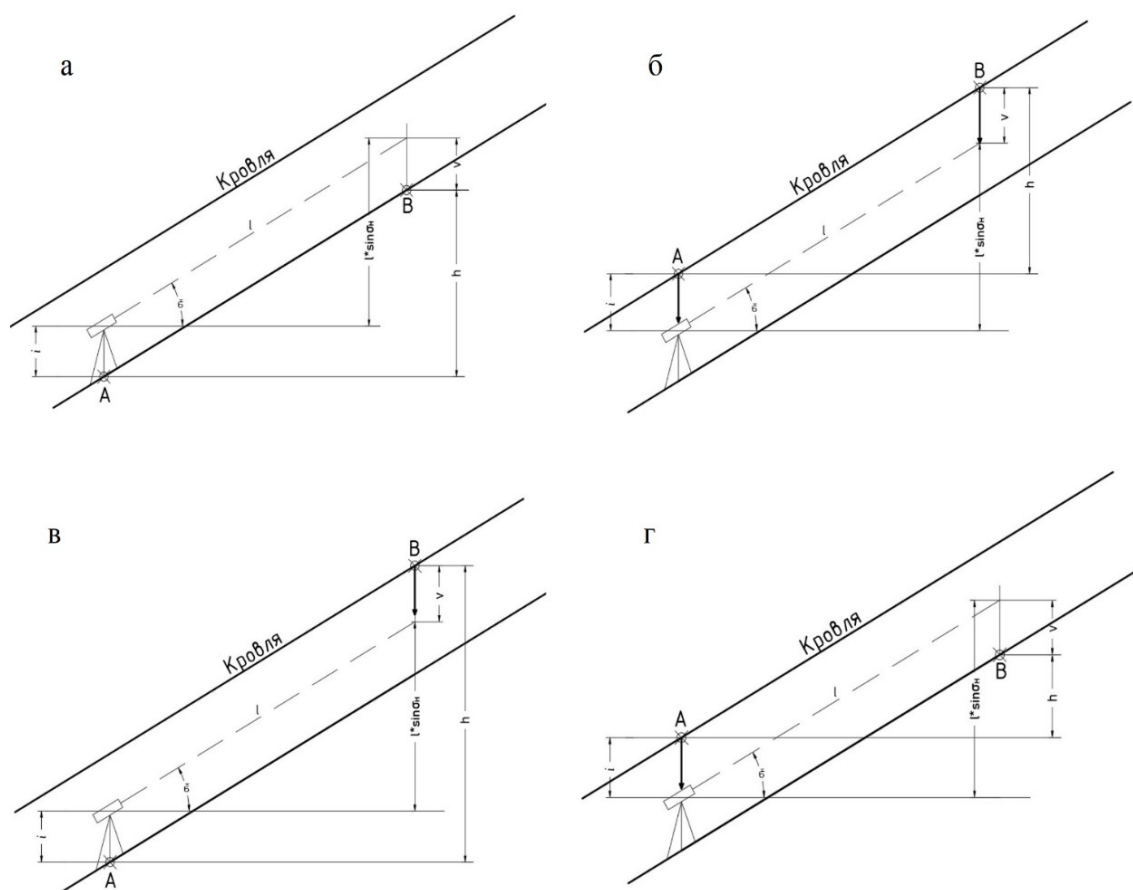


Рисунок 9 – Схемы тригонометрического нивелирования в шахте (а – схема «почва-почва»; б – схема «кровля-кровля»; в – схема «почва-кровля»; г – схема «кровля-почва»).

Порядок выполнения тригонометрического нивелирования на местности:

Придя на точку 1, установили теодолит. Выставили прибор над центром с помощью нитяного отвеса и произвели горизонтирование прибора. Сразу после этого произвели замер высоты инструмента («i»), занесли значение в журнал измерений. Над второй точкой выставили визир, в виде рейки. Высоту визирования (сигнала) занесли в журналы измерений, также, как и высоту инструмента. В нашем случае мы приняли высоту сигнала 1,5 метра. С помощью нитяного дальномера определили наклонное расстояние, после чего внесли в полевой журнал. После вышперечисленных измерений приступили к определению вертикальных углов, с помощью вертикального круга теодолита.

Измерения произвели при КП и КЛ. После измерений вертикальных углов при КЛ и КП необходимо было вычислить место нуля (МО).

Произвели расчет:

$$MO = \frac{KL + KP}{2} = \frac{0^\circ 21' + (+0^\circ 19')}{2} = 0^\circ 01' 00''$$

Находясь на первой точке, после выполнения измерений и вычислений второй, произвели ту же работу, только переставив рейку на точку 4. После проделанных операций, переходили на следующие точки, выполняя аналогичные действия, внося все измерения в полевой журнал тригонометрического нивелирования (Приложение В-0). Далее необходимо было рассчитать превышения: $h = l \cdot \sin \delta_n + i - v$

Приняв вертикальный угол δ_n за среднее значение углов при КЛ и КП.

$$\begin{aligned} h_{1-2} &= 60 \cdot \sin 0^\circ 20' + 1,435 - 1,500 = 0,284064 \\ h_{1-4} &= 35 \cdot \sin 0^\circ 9' + 1,435 - 1,500 = 0,026629 \\ h_{2-1} &= 60 \cdot \sin 0^\circ 15' + 1,425 - 1,500 = 0,186798 \\ h_{2-3} &= 20 \cdot \sin 0^\circ 05' + 1,425 - 1,500 = -0,045951 \\ h_{3-2} &= 20 \cdot \sin 0^\circ 15' + 1,445 - 1,500 = 0,032266 \\ h_{3-4} &= 32,8 \cdot \sin 0^\circ 19' + 1,445 - 1,500 = 0,126281 \\ h_{4-3} &= 32,8 \cdot \sin 0^\circ 25' + 1,495 - 1,500 = 0,233526 \\ h_{4-1} &= 35 \cdot \sin 0^\circ 03' + 1,495 - 1,500 = 0,025543 \end{aligned}$$

7.2 Геометрическое нивелирование

Нивелированием называется совокупность измерений на местности, в результате которых определяют превышение между точками местности с последующим вычислением их высот относительно принятой исходной поверхности (рис. 10). Такой исходной поверхностью является основная уровенная поверхность, соответствующая среднему уровню морей и океанов в спокойном состоянии. В нашей стране абсолютные высоты точек земной поверхности определяются в Балтийской системе высот. По известной отметке начальной точки и найденным превышениям определяют отметки остальных точек Н.

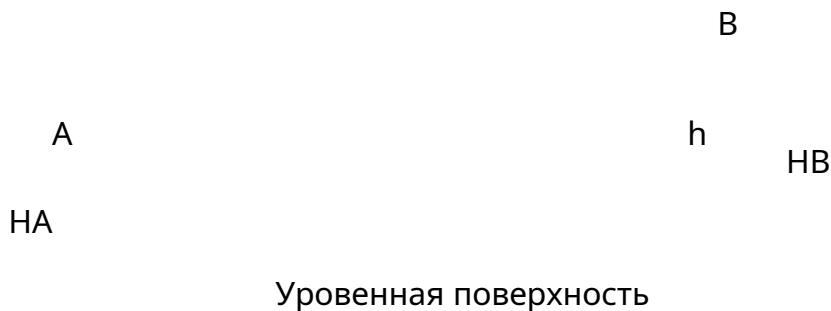


Рисунок 10 – Схема нивелирования

H_A - отметка точки А;
 h - превышение точки В над точкой А;
 H_B - отметка точки В;

$$H_B = H_A + h \quad (7.2.1)$$

Геометрическое нивелирование – это нивелирование, при котором превышения точек местности определяются при помощи горизонтального визирного луча. Ошибка $m_h = \pm(0,5-50)$ мм на 1 км хода

Способы геометрического нивелирования

Геометрическое нивелирование производим при помощи геодезических приборов – нивелиров, обеспечивающих горизонтальное положение визирного луча в процессе измерений, и реек, вертикально установленных в точках, превышение между которыми следует определить.

Геометрическое нивелирование может быть выполнено двумя способами:

- нивелирование вперед (рис. 11);
- нивелирование из середины (рис. 12).



Уровенная поверхность

Рисунок 11 - Нивелирование «вперед»

Нивелир устанавливают над точкой А, отметка H_A которой известна. Над точкой В, отметку которой необходимо определить устанавливают нивелирную рейку. Измеряют высоту прибора (т. е. высоту линии визирования над точкой А) и делают отсчет по рейке. Тогда

$$h = i - b \quad (7.2.3)$$

т. е. при нивелировании «вперед» превышение равно высоте прибора минус отсчет вперед.

$$H_B = H_A + h = H_A + i - b \quad (7.2.4)$$

где $H_A + i = ГП$ – горизонт прибора.

Горизонтом прибора называется отметка визирной оси нивелира

$$H_B = ГП - b \quad (7.2.5)$$

При нивелировании из середины (рис. 12) нивелир устанавливают между задней точкой А, отметка которой H_A известна, и передней точкой В, отметку которой H_B надо определить. Производят отсчеты по задней a и передней b рейкам. Точка установки нивелира называется станцией.

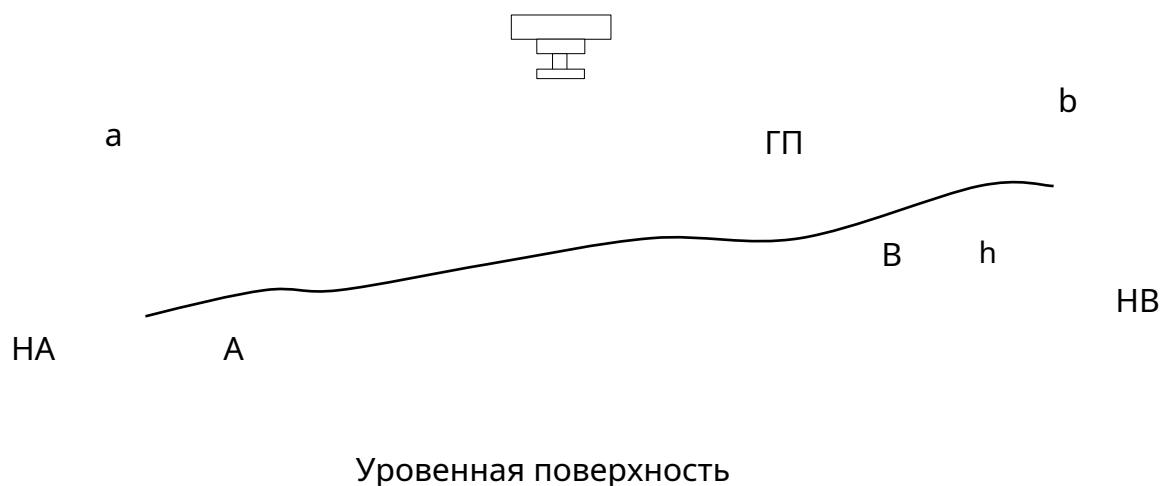


Рисунок 12 - Нивелирование «из середины»

$$H_B = H_A + h \quad (7.2.6)$$

$$h = a - b \quad (7.2.7)$$

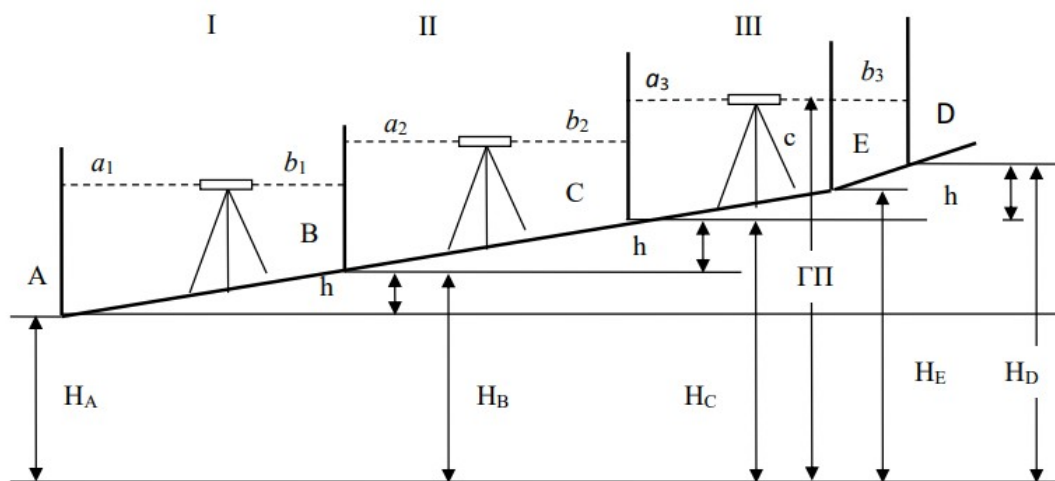
$$ГП = H_A + a; ГП = H_B + b \quad (7.2.8)$$

Если превышение между точками определяется в результате одной установки прибора, то такое нивелирование называется простым.

Если нивелирование ведется с целью передачи отметок на значительное расстояние или для построения профиля местности, оно производится с нескольких станций и называется сложным (рис. 13).

При сложном нивелировании точки, общие для двух смежных станций, называются связующими, а остальные – промежуточными.

Отметки связующих точек вычисляют, как правило, по превышениям, а промежуточных по горизонту прибора.



Уровенная поверхность

Рисунок 13 - Последовательное или сложное нивелирование

$$H_B = H_A + h_1; H_C = H_B + h_2; H_D = H_C + h_3;$$

$$H_D = H_A + \sum h \quad (7.2.9)$$

На станции III – $ГП = H_C + a_3$; $ГП = H_D + b_3$; $H_E = ГП + c$.

7.2.1 Геометрическое нивелирование по горным выработкам

Целесообразно применять при углах наклона выработки $\leq 5^\circ$, производят с целью создания опорной сети в шахте и для решения инженерно-технических задач.

Особенности нивелирования в шахте:

- расстояние между пикетами 10-20м (на поверхности 100м);
- пикеты закрепляют на стенках выработки, на рельсах краской, мелом (на поверхности кольшками);
- поперечники в шахте не делают;
- длины реек 1,5-2м, некоторые рейки подвесные (на поверхности 3-4);
- нивелируют теми же техническими нивелирами, что и на поверхности;
- при нивелировании захватывают сразу же несколько шахтных пикетов (на поверхности устанавливают инструмент между смежными пикетами)

7.3 Нивелирование рельсовых путей

Полевые работы начали с разбивки пикетов. Пикет разбили металлической мерной лентой через 10 м с точностью до 0,1 м. У каждого пикета на головке рельсы отметили мелом номер пикета.

Привязку нивелирного хода произвели к реперам.

При ходе в прямом направлении, проводя нивелировку всех пикетов, взяли отсчеты: по красной стороне рейки на промежуточных пикетах, по обеим сторонам рейки на связующих пикетах. Разность превышений на станции не должна была превышать 10 мм. Обратный ход откладывали только по связующим точкам. Нивелир установили примерно посередине между связующими точками.

Все записи вели в журнале нивелирования, в котором производили обработку наблюдений, состоящую:

- из выводов средних значений по рейкам;
- из вычислений превышений;
- из пространственного контроля, для которого нужно было вычислить сумму превышений и разность сумм задних и передних отсчетов на каждой странице только для связующих пикетов;

Допустимая невязка хода f_h также не должна была превышать величины

$$f_{h. доп} \leq 50 \sqrt{L}$$

где L – длина хода в км.

Сравнили фактическую и допустимую невязки:

$$f_{h. доп} = 44,72136 \geq f_h = -9$$

Фактическая невязка не превысила допустимую, следовательно, фактическую невязку хода распределили поровну на все превышения связующих станций прямого и обратного ходов, после чего вычислили исправленные превышения и по ним вычислили отметки пикетов.

Отметки промежуточных пикетов вычислили через горизонт инструмента (ГИ) каждой станции. Для прокладки нашего нивелирного хода мы использовали геометрическое нивелирование из середины.

Профиль нивелирования рельсовых путей приведен в приложении (см. приложение Г-0)

Журнал технического нивелирования рельсовых путей представлен в приложении (см. приложение Г-1)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

За время прохождения маркшейдерской практики нами были расширены и закреплены теоретические знания и практические навыки, полученные в период обучения в институте, а также умения работ в бригаде.

Научились прокладывать теодолитный ход на поверхности и в шахте, выносить точку на местность, находить координаты точки путём прямой и обратной засечки, нивелировать железнодорожную трассу, а также определять высотную отметку путём тригонометрического нивелирования в шахте и на поверхности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Камеральная обработка результатов полевых измерений и построение плана теодолитной съемки: метод. указания к лабораторной работе для студентов специальности 130402 «Маркшейдерское дело» / сост. О. И. Лягина; ГУЦМиЗ. – Красноярск, 2005. – 20 с.

2. Продольное инженерно-техническое нивелирование: метод. указания к лабораторной работе для студентов специальности 130402 «Маркшейдерское дело» / сост. О. И. Лягина; Ю. Л. Юнаков; ГУЦМиЗ. – Красноярск, 2005. – 16 с.

3. Основные положения геодезии: метод. указания к лабораторным работам для студентов специальности 130402 «Маркшейдерское дело»/ сост. О. и. Лягина, Ю. Л. Юнаков; ГОУ ВПО «Гос. Ун-т цвет. Металлов и золота». – Красноярск, 2006. – 44с.

4. Маркшейдерия: учебник для вузов / Под ред. М. Е. Певзнера, В. Н. Попова - Москва: Издательство Московского государственного горного университета, 2003. - 419 с.: ил.

5. Юнаков Ю.Л. Учебная маркшейдерско-технологическая практика: Учебное пособие. Караганда: КарГТУ, 1998. 97 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А-0
«Журнал измерения горизонтальных углов»

ПРИЛОЖЕНИЕ А-1

«Ведомость вычислений координат вершин теодолитного хода»

ПРИЛОЖЕНИЕ Б-0
«Вынос точки на местность»

ПРИЛОЖЕНИЕ В-0
«Полевой журнал тригонометрического нивелирования»

ПРИЛОЖЕНИЕ Г-0
«Профиль нивелирования рельсовых путей»

ПРИЛОЖЕНИЕ Г-1
«Журнал технического нивелирования рельсовых путей»

