

Рассматриваемые вопросы

- Эксплуатационные сетки.
- Теодолитные ходы.
- Измерение углов
- Измерение длин линий.
- Прокладка азимутальных ходов с определением длин линий косвенным способом.
- Камеральная обработка теодолитных ходов.
- Полярный способ создания съемочного обоснования.

Особенности создания съемочного обоснования на карьерах

Инструкция по производству маркшейдерских работ (РД 07-603-03)

64. Плановое положение пунктов съемочной сети карьера определяют геодезическими засечками, проложением теодолитных ходов, совместным проложением ходов и полярным способом, используя в качестве исходных пункты маркшейдерской опорной сети.

Высоты пунктов определяют техническим и тригонометрическим нивелированием.

Плановое и высотное положение пунктов съемочной сети можно определять спутниковой аппаратурой, а также аналитической пространственной фототриангуляцией.

60. Определение пунктов в съемочных сетях относительно ближайших пунктов маркшейдерской опорной сети осуществляют с погрешностью, не ***превышающей 0,4 мм на плане в принятом масштабе съемки и 0,2 м по высоте.***

Особенности создания съемочного обоснования на карьерах

Эксплуатационные сетки

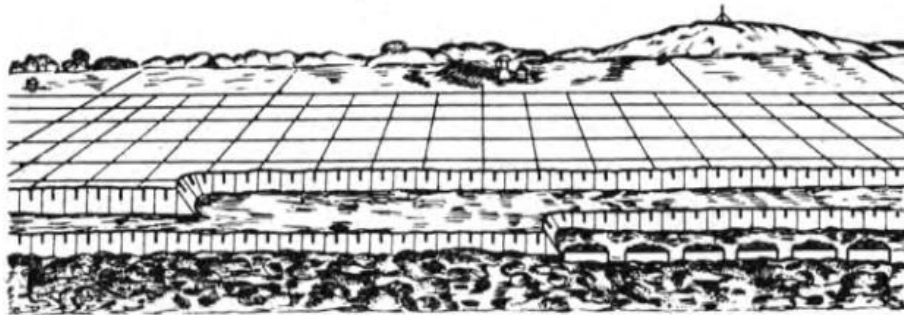


Рис. 2.2. Эксплуатационная сетка

Сущность способа в создании прямоугольной сети пунктов в условной системе координат с длиной стороны 20, 40, 50 м. Ориентация сторон по осям X, Y, либо по простиранию залежи. Высоты узлов сетки определяют нивелированием IV класса либо техническим нивелированием

Условия применения:

- Применяется для пластовых месторождений неглубокого залегания (россыпи).
- Глубина отработки 2-3 уступа
- Спокойный рельеф поверхности

Особенности:

Трудоемкие первоначальные работы по разбивке сетки

Простые способы восстановления узлов сеток и вычислений объемов

Особенности создания съемочного обоснования на карьерах

Эксплуатационные сетки

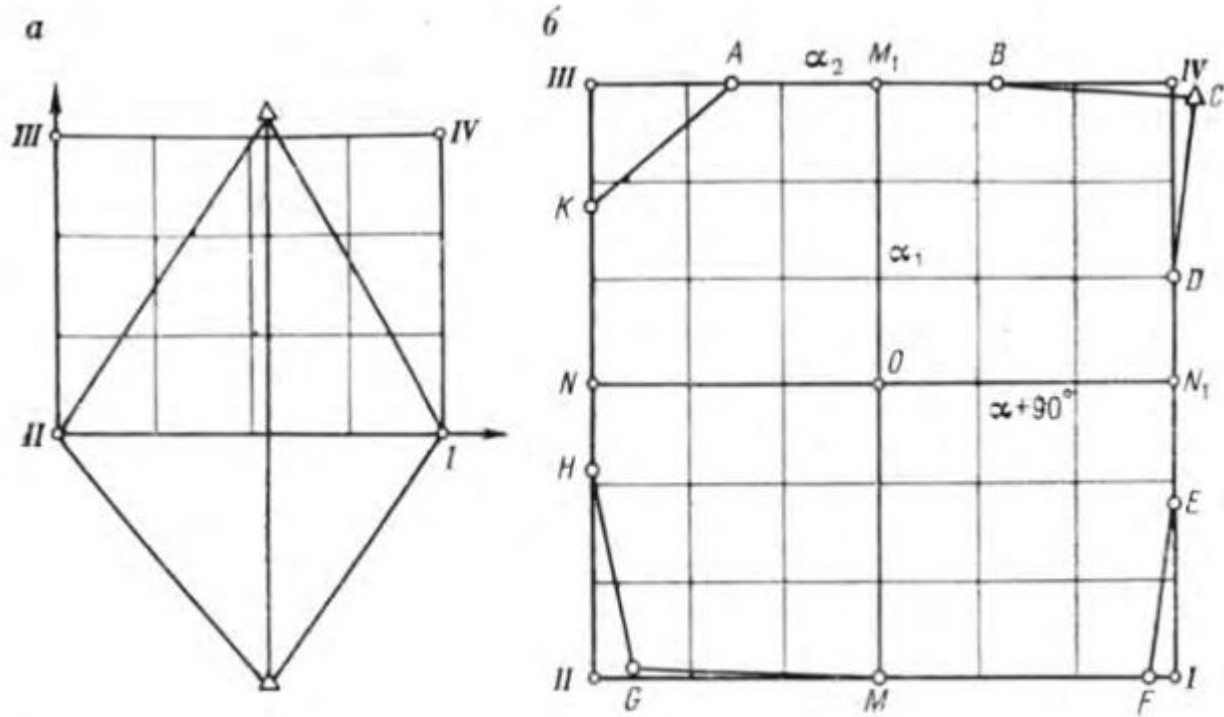


Рис. 2.3. Разбивка эксплуатационных сеток:
a — упрощенным способом, *б* — внутри полигона

Особенности создания съемочного обоснования на карьерах

Эксплуатационные сетки

прямоугольной формы (рис. 2.3, а). Длины сторон прямоугольника должны быть кратными целому числу квадратов сетки.

Разбивка внешнего контура сетки начинается с того, что одно из граничных направлений (например, $I—II$) выносят в натуру. От начального пункта I или II откладывают и закрепляют стороны квадратов, в том числе центрами закрепляют угловые пункты, с которых поочередно хорошо выверенным теодолитом при двух положениях зрительной трубы под прямым углом задают направления $I—IV$ и $II—III$ на торцы кольев, забитых на расстояниях 100—120 м. Проложив указанные направления, производят их разбивку, определяют и закрепляют пункты III и IV , а также измеряют и проверяют расстояние $III—IV$. В случае выявившихся погрешностей, допущенных при разбивке, здесь же в поле вносятся соответствующие поправки.

При разбивке граничных контуров сетки стороны квадратов или прямоугольников откладывают стальной компарированной рулеткой по кольям или штативам с внесением поправок за наклон пролетов, а также за компарирование, температуру и вес рулетки.

После измерения углов и сторон граничного прямоугольника сетки относительная линейная невязка его не должна превышать $1:5000$, т. е. должна соответствовать полигонометрии 2-го разряда.

Привязка сетки к опорной геодезической сети может осуществляться различно, в том числе вставкой одного или двух пунктов в опорную сеть.

Особенности создания съемочного обоснования на карьерах

Эксплуатационные сетки

2-й вариант. Если поле карьера значительно по площади, покрыто лесом или кустарником и имеет недостаточно спокойный

37

рельеф, то обоснованием эксплуатационной сетки может служить замкнутый полигонный ход, проложенный по границе карьерного поля, совпадающий с граничным полигоном горного или земельного отводов.

Стороны полигона не следует делать более 500 и менее 100 м. Намеченные вершины полигона прочно закрепляют центрами. Полигонный ход обязательно привязывают к пунктам опорной сети. Привязку осуществляют непосредственным включением в полигон не менее двух пунктов опорной сети или определением координат двух или более вершин полигона вставкой в опорную сеть.

Особенности создания съемочного обоснования на карьерах

Эксплуатационные сетки

После уравнивания и вычисления окончательных координат точек внутри замкнутого полигона проектируют и разбивают основные взаимно перпендикулярные оси сетки с таким расчетом, чтобы одна из указанных осей была направлена параллельно фронту горных работ карьера. Основные оси удобнее располагать примерно по середине охватываемой сеткой площади, причем одна из осей должна опираться на одну из вершин полигона.

Допустим, что проложен замкнутый полигон $ABC...HK$ (рис. 2.3, б). Через пункт M с известными координатами x_M и y_M проектируют одну из основных осей сетки.

Координаты точки O пересечения двух взаимно перпендикулярных основных осей сетки будут

$$x_O = x_M + \overline{MO} \cos \alpha_1; \quad y_O = y_M + \overline{MO} \sin \alpha_1, \quad (2.1)$$

где α_1 — дирекционный угол основной оси сетки.

Координаты точек M_1 , N и N_1 , т. е. точек пересечения основных осей сетки с соответствующими сторонами полигона

$$x_{M_1} = x_A + \frac{(y_M - y_A) - (x_M - x_A) \operatorname{tg} \alpha_1}{\operatorname{tg} \alpha_2 - \operatorname{tg} \alpha_1}; \quad (2.2)$$

$$y_{M_1} = y_A + (x_{M_1} - x_A) \operatorname{tg} \alpha_2,$$

где α_2 — дирекционный угол стороны MA .

Особенности создания съемочного обоснования на карьерах

Эксплуатационные сетки

Задание осевых направлений MM_1 и NN_1 осуществляют двумя теодолитами из точек M первой и N второй оси, с одновременной разбивкой сторон квадратов сетки. Следовательно, положение точки O в натуре одновременно определяют угловой и линейной засечками. Если полученная погрешность (невязка) в точке O будет допустимой, то распределение ее осуществляют непосредственно в поле по торцам кольев пропорционально числу квадратов, считая от начала заданных направлений. Закрепив центральный пункт O , две другие полуоси OM_1 и ON_1 могут быть заданы и разбиты как из центра O , так и от сторон полигона к центру.

Разбивка квадратов эксплуатационной сетки. Если граничные стороны или главные оси эксплуатационной сетки разбиты и закреплены, то разбивку основных и заполняющих квадратов или прямоугольников внутри контура полигона или прямоугольника осуществляют с помощью пересекающихся визирных лучей двух хорошо выверенных теодолитов, установленных в пунктах, расположенных на ранее разбитых осевых направлениях через $d_0, 2d_0, 3d_0, \dots, nd_0$ вершин квадратов. Определение первого центра вершины квадрата на расстоянии 50—100 м или 700—800 м производят только в результате визирований теодолитов при двух положениях трубы.

Особенности создания съемочного обоснования на карьерах

Эксплуатационные сетки

Нумерацию пунктов сетки производят одним из приведенных ниже способов:

1) одна из осей сетки, направленная параллельно фронту горных работ карьера, нумеруется порядковыми арабскими цифрами 1, 2, 3... и т. д., а профильные линии, направленные вкрест простирания фронта горных работ,— порядковыми римскими цифрами I, II, III... и т. д.;

2) линии, направленные по простиранию горных работ, нумеруются нечетными цифрами 1, 3, 5 и т. д., а профильные — четными 2, 4, 6 и т. д.;

3) основные стометровые или двухсотметровые квадраты сетки обозначаются прописными буквами или римскими цифрами, линии же заполняющих квадратов или прямоугольников — арабскими цифрами.

После разбивки сетки вычисляют плановые координаты пунктов. Высотные отметки пунктов определяют геометрическим нивелированием IV класса или техническим от реперов основной нивелирной сети карьера. Нивелирование производят замкнутыми нивелирными ходами или по квадратам с одновременным уравниванием превышений. Невязка в превышениях по замкнутым ходам не должна превышать $\pm 20\sqrt{L}$, где L — длина хода (периметр полигона), км.

Вычисленные координаты (x , y , z) пунктов сетки заносят в особый каталог, на всю площадь сетки составляется план-схема в масштабе 1 : 2000.

Особенности создания съемочного обоснования на карьерах

Эксплуатационные сетки

75. При построении съемочной сети в виде прямоугольной сетки вершины главной фигуры сетки определяют от пунктов маркшейдерской опорной сети засечками, полярным способом или теодолитными ходами. Положение вершин прямоугольников определяют способом створов. Длину визирного луча при определении вершин сетки принимают не более 800 м. Правильность разбивки сетки проверяют по направлениям диагоналей сетки.

Особенности создания съемочного обоснования на карьерах

Теодолитные ходы

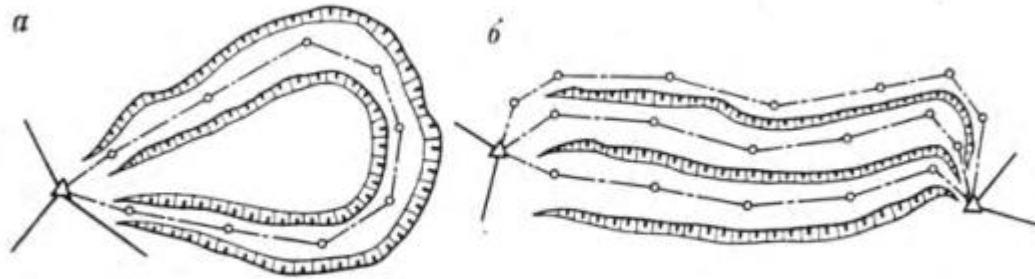


Рис. 2.4. Теодолитные ходы на уступах карьера

Условия применения:

- Применяется для съемки промлощадки и коммуникаций на земной поверхности
- Глубокие карьеры с узкими бермами
- Карьеры на горных склонах

Особенности:

- Необходимо обеспечить высокую скорость измерения длин(применяем эл.тахеометры)
- Скорость продвижения и ширина рабочих площадок требует постоянного пополнения и прокладки новых полигонов

Особенности создания съемочного обоснования на карьерах

Теодолитные ходы

Теодолитные ходы прокладывают между пунктами маркшейдерской опорной сети или строят в виде замкнутых полигонов. На исходных пунктах измеряют углы между стороной теодолитного хода и двумя направлениями на пункты маркшейдерской опорной сети. Длины сторон теодолитного хода принимают не более 400 м и, как правило, не менее 100 м. Длину хода принимают не более 1,8; 3,0 и 6 км при съемке в масштабах 1:1000, 1:2000 и 5000 соответственно.

Особенности создания съемочного обоснования на карьерах

Теодолитные ходы

Угловые измерения

В теодолитных ходах горизонтальные углы измеряют как правые, так и левые по ходу. При прокладке транспортных и других магистралей и трасс иногда измеряют углы отклонения или углы, заключенные между продолженными направлениями предыдущих сторон и соответственно последующими сторонами полигона.

При прокладке теодолитных ходов применяют технические теодолиты Т15 (ГОСТ 10529—70), а также повышенной точности и точные теодолиты Т5, Т2, когда они в едином комплекте с дальномерами или при косвенном способе определения длин, т. е. при условиях, требующих повышенной точности угловых измерений и высокой производительности труда.

Измерение горизонтальных углов осуществляют как способом приемов, так и способом повторений. При наличии более двух направлений (например, в пунктах привязки полигонов, в узловых точках, при косвенных способах определения длин линий) горизонтальные углы измеряют способом круговых приемов).

Особенности создания съемочного обоснования на карьерах

Теодолитные ходы

Угловые измерения

Горизонтальные углы в съемочных сетях измеряют одним (двумя) приемами или повторениями в зависимости от типа теодолита, при этом расхождение углов между приемами не должно превышать 45".

72. Угловые невязки в теодолитных ходах допускаются не более $45\sqrt{n}$ " , где n - число измеренных углов в ходе.

При использовании электронных тахеометров и светодальномеров Угловые невязки в таких ходах допускаются не более величины $20\sqrt{n}$, где n - число измеренных углов в ходе

Особенности создания съемочного обоснования на карьерах

Теодолитные ходы

Линейные измерения

Особенности создания съемочного обоснования на карьерах

Теодолитные ходы

Линейные измерения

71. Стороны теодолитных ходов измеряют светодальномерами, тахеометрами, насадками, рулетками и другими приборами, обеспечивающими требуемую точность измерений. Разность между двумя измерениями линии допускается не более $1:1500$ ее длины.

Обработку результатов линейных измерений выполняют в соответствии с руководствами по эксплуатации приборов.

Линейные невязки в теодолитных ходах допускаются не более $1:3000$ длины хода.

74. При использовании для измерения сторон теодолитного хода светодальномеров группы Т и электронных тахеометров предельную длину сторон хода не устанавливают, а количество сторон в ходе принимают не более 50 при съемке в масштабах $1:5000$ и $1:2000$, 40 и 20 - в масштабах $1:1000$ и $1:500$ соответственно.

, линейные невязки - $0,4$ мм на плане в масштабе съемки.

Особенности создания съемочного обоснования на карьерах

Теодолитные ходы

Камеральная обработка

2.0.4. Камеральная обработка теодолитных ходов

Камеральная обработка (вычисление) теодолитных ходов складывается из контроля вычислений средних значений измеренных углов, обработки измеренных длин линий хода и определения горизонтальных проложений их.

Горизонтальные проложения измеренных наклонных расстояний определяют по формулам

$$d = l \cos \delta \quad \text{или} \quad d = l - \Delta l,$$

где l — наклонная длина стороны; δ — угол наклона линии;
 $\Delta l = 2l \sin^2 \left(\frac{\delta}{2} \right)$ — поправка для определения горизонтального проложения.

Особенности создания съемочного обоснования на карьерах

Теодолитные ходы

Камеральная обработка

Величину угловой невязки при вычислении теодолитных ходов определяют по формулам:

для замкнутого полигона

$$f_{\beta} = \sum \beta - 180^{\circ} (n - 2) \text{ — для правых углов полигона} \quad (2.18, \text{ а})$$

и

$$f_{\beta} = \sum \beta - 180^{\circ} (n + 2) \text{ — для левых углов полигона}$$

для разомкнутого полигона, опирающегося на два опорных пункта и два направления,

$$f_{\beta} = 180^{\circ} n + \sum \beta - (\alpha_k - \alpha_n) - 360^{\circ} N \text{ — для левых по ходу углов} \quad (2.18, \text{ б})$$

и

$$f_{\beta} = \sum \beta - 180^{\circ} n + (\alpha_k - \alpha_n) + 360^{\circ} N \text{ — для правых по ходу углов,}$$

где α_n и α_k — прямые по ходу дирекционные углы соответственно начальной (исходной) и конечной стороны; n — число углов в полигоне; N — целое число или нуль.

Дирекционные углы вычисляют по формулам:

$$\alpha_i = \alpha_{i-1} + \beta_i \pm 180^{\circ} \text{ — при левых измеренных углах}$$

и

$$\alpha_i = \alpha_{i-1} \pm 180^{\circ} - \beta_i \text{ — при правых измеренных углах.}$$

Приращения координат определяют по формулам

$$\Delta y_i = d_i \sin \alpha_i; \quad \Delta x_i = d_i \cos \alpha_i \quad (2.19)$$

Особенности создания съемочного обоснования на карьерях

Теодолитные ходы

Камеральная обработка

Линейная невязка в приращениях в разомкнутом полигоне

$$\hat{f}_y = \sum \Delta y - (y_k - y_n); \quad \hat{f}_x = \sum \Delta x - (x_k - x_n) \quad (2.20)$$

и общая линейная невязка полигона

$$\hat{f}_L = \sqrt{\hat{f}_y^2 + \hat{f}_x^2}. \quad (2.21)$$

В случае допустимой невязки ее распределяют пропорционально длинам сторон полигона с обратным знаком

$$\delta_{y_i} = -\frac{\hat{f}_y}{L} d_i \quad \text{и} \quad \delta_{x_i} = -\frac{\hat{f}_x}{L} d_i,$$

где L — периметр полигона.

Исправленные приращения координат

$$\Delta y_0 = \Delta y + \delta y; \quad \Delta x_0 = \Delta x + \delta x$$

и координаты

$$y_i = y_{i-1} + \Delta y_{0_i}; \quad x_i = x_{i-1} + \Delta x_{0_i}. \quad (2.22)$$

Особенности создания съемочного обоснования на карьерах

Прокладка азимутальных ходов с определением длин линий косвенным способом.(Способ проф. Дурнева)

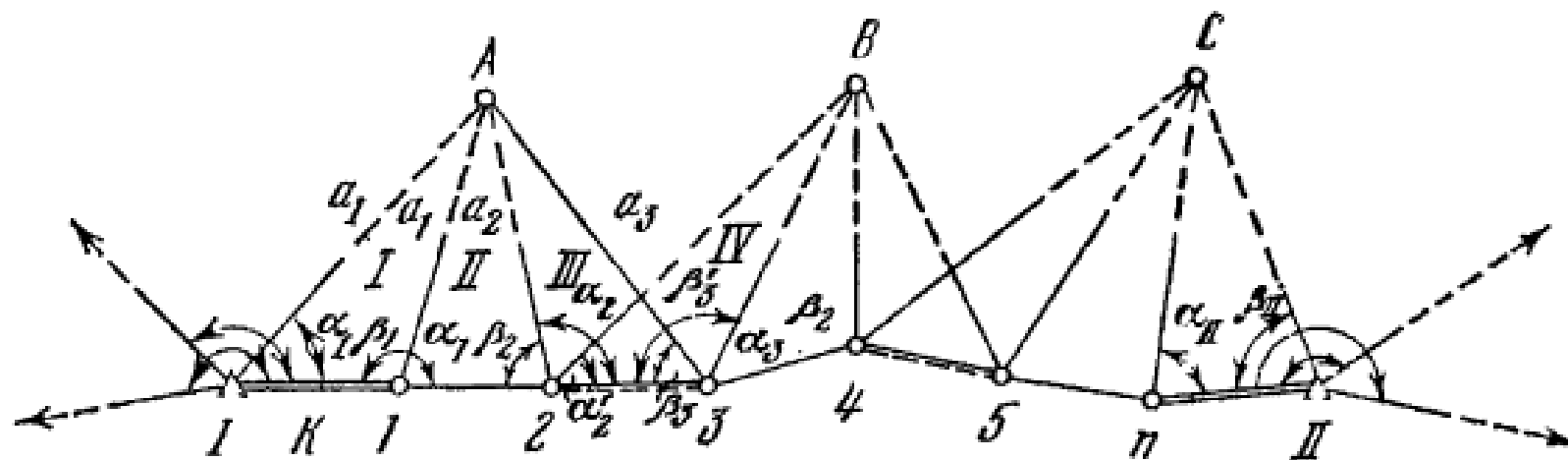


Рис. 97. Схема косвенного способа определения длин линий полигона

Особенности создания съемочного обоснования на карьерах

В тех случаях, когда рабочая площадка уступа неудобна для непосредственного измерения линий (навалы породы, загроуженность механизмами и транспортными средствами) и отсутствуют дальномерные приборы, используют косвенный способ определения линии, предложенный проф. А. И. Дурневым, который состоит в следующем.

На внутренних отвалах или на противоположном борту карьера выбирают вспомогательные точки A, B, C и т. д. (рис. 97). На уступе, где прокладывается теодолитный ход ($1, 2, 3, \dots, n$), измеряют углы $\alpha_1; \beta_1; \alpha_2; \beta_2; \dots; \alpha_n; \beta_n$ и рулеткой или лентой линии $1-1$ и $n-n$ (как исходный и контрольный базисы). В треугольнике I по измеренным величинам α_1 и β_1 и стороне $K-1$ вычисляют сторону a_1 , используя которую в треугольнике II вычисляют стороны a_2 и $1-2$ и далее в треугольнике III — стороны $2-3$ и a_3 . Переходят от одного пучка за-

Особенности создания съемочного обоснования на карьерах

сечек к другому через связующие стороны 2—3, 4—5, вычисляют все стороны теодолитного хода между исходными пунктами *I* и *II*. Контролем проложения служит сравнение длины ранее измеренной и вычисленной стороны *n—II*, а также известной длины между пунктами *I* и *II* и вычисленной длины теодолитного хода. Углы измеряют теодолитами типа Т5 двумя приемами или теодолитами типа Т15 двумя повторениями.

Особенности создания съемочного обоснования на карьерах

Полярный способ

На крупных карьерах со значительным удалением участков горных работ от пунктов опорной сети достаточно эффективным является полярный способ создания съемочного обоснования, при котором полярные углы и углы наклона измеряют точными теодолитами (Т1, Т2), а наклонные расстояния до определяемых внутрикарьерных съемочных пунктов — светодальномером.

Во избежание излишних передвижений с дальномерной аппаратурой и теодолитом схема полярной сети съемочного обоснования должна быть по возможности простой и долговременной. С этой целью на нерабочем борту карьера выбирают (или вставляют) опорный пункт — полюс с таким расчетом, чтобы с него в пределах досягаемых расстояний обеспечивалась хорошая видимость всех работающих (подвижных) участков карьера.

Особенности создания съемочного обоснования на карьерах

Полярный способ

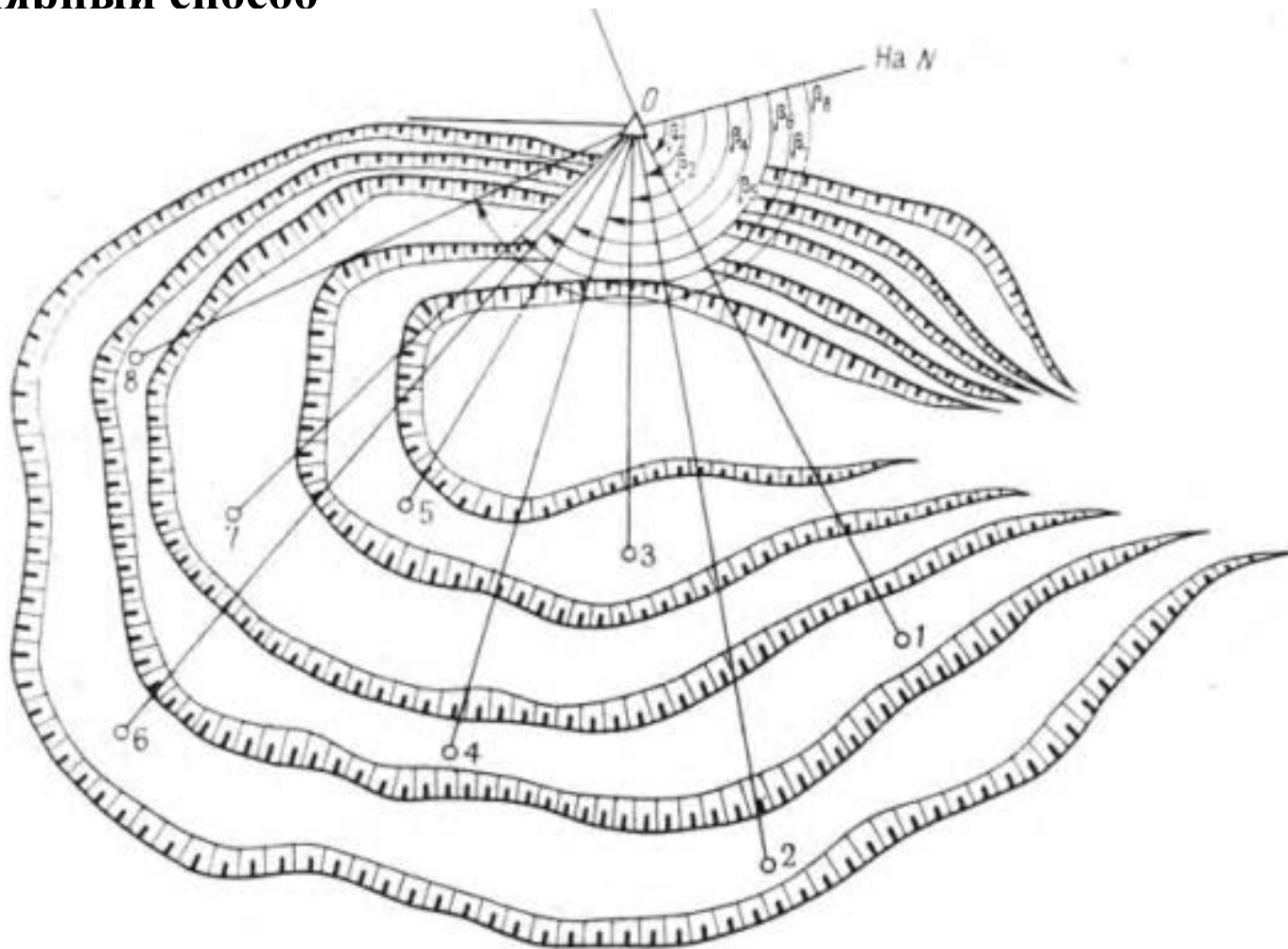


Рис. 2.9. Полярный способ создания съемочного обоснования

Особенности создания съемочного обоснования на карьерах

Полярный способ

Определение положения отдельных съемочных пунктов $1, 2, 3, \dots, n$ относительно направления NO и полюса O (рис. 2.9) заключается в измерении на местности горизонтальных $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \dots, \beta_n$, а также вертикальных $\delta_1, \delta_2, \delta_3, \dots, \delta_n$ углов теодолитом и наклонных расстояний $L_1, L_2, L_3, \dots, L_n$ с помощью светодальномера.

С полюса O полярные углы на съемочные пункты следует измерять круговыми приемами с включением всех возможных направлений на определяемые и на 2—3 исходные пункты опорной сети с обязательным замыканием горизонта и последующим выводом средних направлений.

Необходимо стремиться, чтобы длины исходных направлений превосходили длины направлений до определяемых съемочных пунктов.

67. При определении пунктов съемочной сети полярным способом расстояние до них принимают не более 3 км. Углы измеряют от двух исходных направлений; расхождение между значениями дирекционных углов направления на определяемый пункт допускается не более $45''$.

Особенности создания съемочного обоснования на карьерах

Геодезические засечки

69. Координаты пунктов, определяемые методом засечек, вычисляют из двух треугольников. В обратных засечках координаты определяемого пункта вычисляют из решения двух вариантов засечки. За окончательные координаты принимают их среднее значение. Расхождение в положении пункта из двух вариантов засечки допускается не более 0,6 мм на плане в масштабе съемки.

Цепочки треугольников уравнивают отдельным способом. Угловую невязку в каждом треугольнике распределяют поровну на углы, невязки в координатах - пропорционально длинам сторон по ходовой линии между исходными пунктами.

Особенности создания съемочного обоснования на карьерах

Геодезические засечки

Прямая засечка

Координаты пунктов, определяемые методом засечек, вычисляют из двух треугольников. В обратных засечках координаты определяемого пункта вычисляют из решения двух вариантов засечки. За окончательные координаты принимают их среднее значение.

Расхождение в положении пункта из двух вариантов засечки допускается не более 0,6 мм на плане в масштабе съемки.

Цепочки треугольников уравнивают отдельным способом. Угловую невязку в каждом треугольнике распределяют поровну на углы, невязки в координатах - пропорционально длинам сторон по ходовой линии между исходными пунктами.

Особенности создания съемочного обоснования на карьерах

Геодетические засечки

Прямая засечка

При измерении всех трех углов в треугольнике имеем условие

$$\alpha + \beta + \gamma - 180^\circ = f_\beta,$$

где f_β — угловая невязка треугольника, которую при равноточном измерении углов распределяют на все три угла поровну, т. е.

$$v_1 = v_2 = v_3 = -\frac{f_\beta}{3}.$$

Согласно общему правилу средняя квадратическая погрешность угла уравниваемого треугольника будет

$$m'_\alpha = m'_\beta = m'_\gamma = m'_\beta \sqrt{\frac{2}{3}} = 0,67m_\beta. \quad (2.25)$$

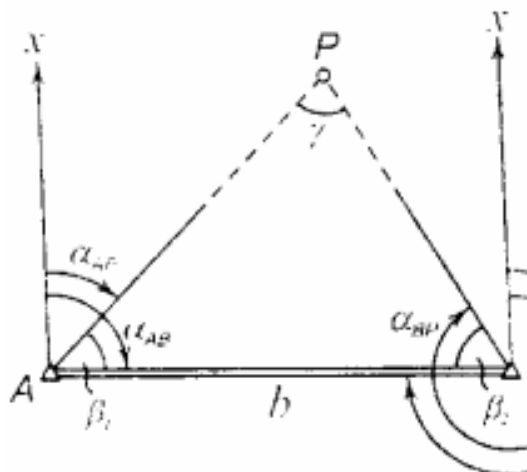
Следовательно, вес углов после уравнивания треугольника повышается в 1,5 раза.

Для определения координат точки P треугольника ABP задача сводится к решению треугольника по известной стороне AB (координаты точек A и B известны) и двум углам α и β .

Особенности создания съемочного обоснования на карьерах

Геодезические засечки

Прямая засечка



Решение прямой геодезической засечки по измеренным углам

Пусть известны координаты исходных пунктов $A(x_A, y_A)$ и $B(x_B, y_B)$, между которыми имеется взаимная видимость, и на них измерены горизонтальные углы β_1, β_2 . Требуется определить координаты точки $P(x_P, y_P)$.

Решение задачи выполняют в следующей последовательности.

1. Вычисляют горизонтальный угол γ при определяемой точке P :

$$\gamma = 180^\circ - (\beta_1 + \beta_2).$$

2. Определяют дирекционный угол α_{AB} стороны AB и ее горизонтальную длину d_{AB} :

$$\text{igr}_{AB} = \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A}; \quad r_{AB} = \arctg \frac{\Delta y}{\Delta x},$$

где r_{AB} — табличный угол (румб) направления AB .

По знакам приращений координат Δx и Δy устанавливают четверть, в которой находится направление AB , и вычисляют дирекционный угол α_{AB} . Длина стороны

$$d_{AB} = \frac{y_B - y_A}{\sin \alpha_{AB}} = \frac{x_B - x_A}{\cos \alpha_{AB}}.$$

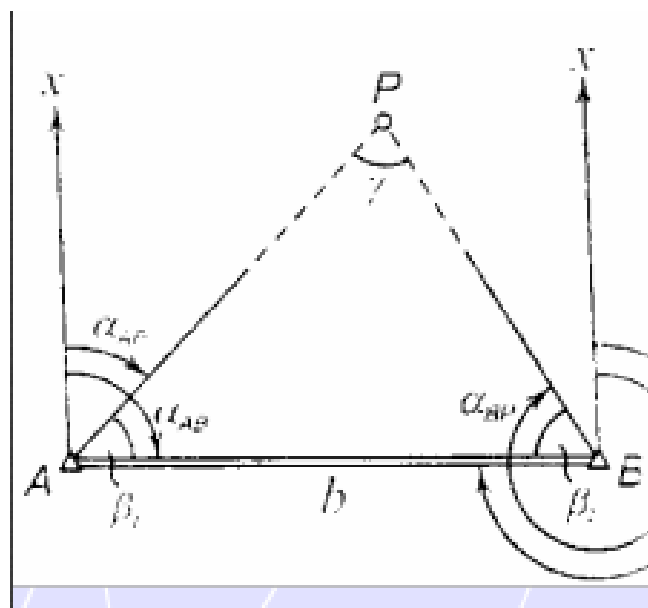
Особенности создания съемочного обоснования на карьерах

Геодзические засечки

Прямая засечка

3. По теореме синусов вычисляют длины других сторон треугольника через известную длину стороны AB и измеренные углы β_1 и β_2 :

$$d_{AP} = d_{AB} \cdot \frac{\sin \beta_2}{\sin \gamma}; \quad d_{BP} = d_{AB} \cdot \frac{\sin \beta_1}{\sin \gamma}.$$



4. Находят дирекционные углы сторон AP и BP .

$$\alpha_{AP} = \alpha_{AB} - \beta_1; \quad \alpha_{BP} = \alpha_{BA} + \beta_2,$$

$$\text{где } \alpha_{BA} = \alpha_{AB} + 180^\circ.$$

5. Вычисляют приращения координат точки P .

Относительно точки A :

$$\Delta x_{AP} = d_{AP} \cos \alpha_{AP};$$

$$\Delta y_{AP} = d_{AP} \sin \alpha_{AP}$$

Относительно точки B :

$$\Delta x_{BP} = d_{BP} \cos \alpha_{BP};$$

$$\Delta y_{BP} = d_{BP} \sin \alpha_{BP}.$$

Особенности создания съемочного обоснования на карьерах

Геодезические засечки

Прямая засечка

6. Вычисляют координаты точки P дважды.

Относительно точки A :

$$x_P = x_A + \Delta x_{AP} = x_A + d_{AP} \cos \alpha_{AP};$$

$$y_P = y_A + \Delta y_{AP} = y_A + d_{AP} \sin \alpha_{AP}.$$

Относительно точки B :

$$x_P = x_B + \Delta x_{BP} = x_B + d_{BP} \cos \alpha_{BP};$$

$$y_P = y_B + \Delta y_{BP} = y_B + d_{BP} \sin \alpha_{BP}.$$

Двойные значения найденных координат точки P дают контроль вычислений.

Особенности создания съемочного обоснования на карьерах

Геодетические засечки

Прямая засечка

7. Зная погрешность измерения горизонтальных углов m_β , вычислит погрешность в положении определяемой точки P :

$$M_P = \frac{bm_\beta''}{\rho'' \sin \gamma} \sqrt{\sin^2 \beta_1 + \sin^2 \beta_2},$$

где b — базис засечки, $b = d_{AB}$; m_β'' — средняя квадратическая погрешность измерения углов; $\rho'' = 206\,265''$.

Как следует из выражения, погрешность положения точки P определяемой прямой однократной засечкой, зависит не только от точности угловых измерений, но и от формы и размеров треугольника. Наиболее выгодной формой является треугольник, у которого угол у при засекаемой точке P близок к 90° ; поэтому в прямой засечке γ не должен быть менее 30° и более 150° . Погрешность положения определяемой точки будет возрастать с ее удалением от исходных пунктов и увеличением длины базиса.

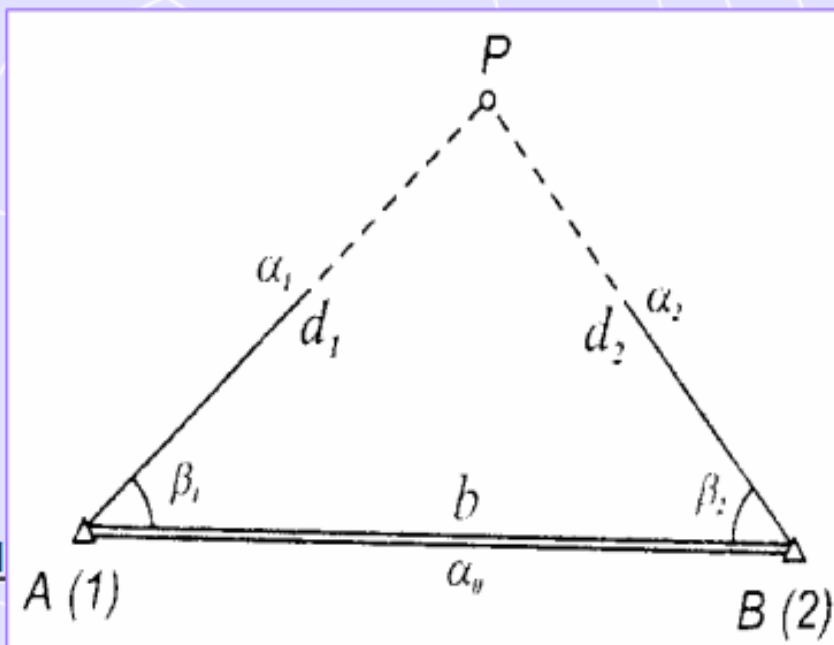
Особенности создания съемочного обоснования на карьерах

Геодезические засечки

Прямая засечка

Решение прямой угловой засечки по формулам Юнга и Гаусса

- Вычисление координат искомой точки может быть выполнено по **формулам Юнга** (формулы котангенсов измеренных углов) и **формулам Гаусса** (формулы тангенсов дирекционных углов), которые не требуют предварительного решения треугольников.

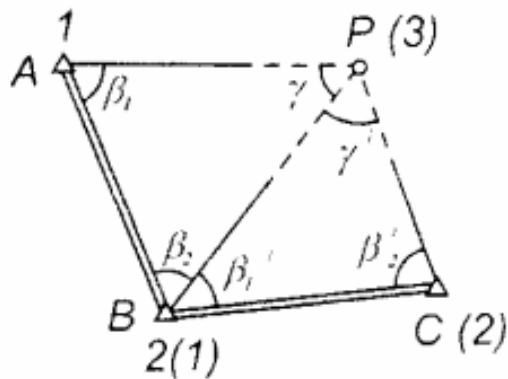


Особенности создания съёмочного обоснования на карьерах

Геодетические засечки

Обратная засечка

Решение прямой геодезической засечки по формулам Юнга



$$x_P = \frac{x_1 \operatorname{ctg} \beta_2 + x_2 \operatorname{ctg} \beta_1 - y_1 + y_2}{\operatorname{ctg} \beta_1 + \operatorname{ctg} \beta_2};$$

$$y_P = \frac{y_1 \operatorname{ctg} \beta_2 + y_2 \operatorname{ctg} \beta_1 + x_1 - x_2}{\operatorname{ctg} \beta_1 + \operatorname{ctg} \beta_2}.$$

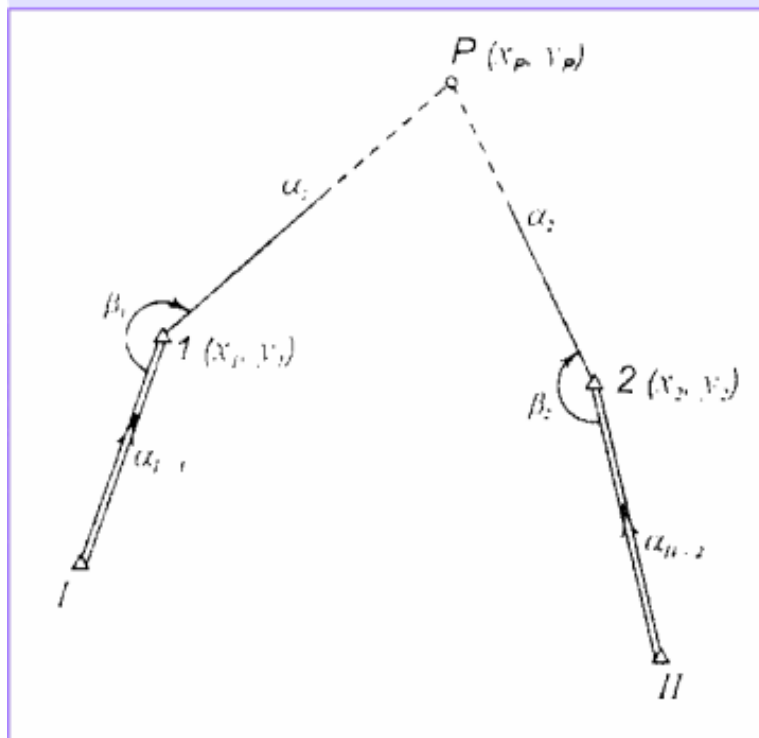
- ▶ Формулы Юнга – это формулы котангенсов измеренных углов.
- ▶ Формулы получены путём преобразования формул для приращений координат.

Особенности создания съемочного обоснования на карьерах

Геодетические засечки

Прямая засечка

Решение прямой геодезической засечки по формулам Гаусса



- ▶ Формулы Гаусса являются формулами тангенсов дирекционных углов направлений на определяемую точку.
- ▶ Такая схема применяется при отсутствии прямой видимости между исходными пунктами.
- ▶ В этом случае измеряют примычные углы между исходными сторонами и направлениями на определяемую точку.

Особенности создания съемочного обоснования на карьерах

Геодезические засечки

Прямая засечка

Решение прямой геодезической засечки по формулам Гаусса

- ▶ В случае, когда значение одного из дирекционных углов направлений на определяемый пункт близко к 0 или 180 градусам решение удобно выполнять по формулам тангенсов дирекционных углов:

$$x_p = \frac{x_1 \operatorname{tg} \alpha_1 - x_2 \operatorname{tg} \alpha_2 - y_1 + y_2}{\operatorname{tg} \alpha_1 - \operatorname{tg} \alpha_2}.$$

Зная значение абсциссы определяемой точки P , дважды вычисляем ординату y_p по формулам

$$\left. \begin{aligned} y_p &= y_1 + (x_p - x_1) \operatorname{tg} \alpha_1; \\ y_p &= y_2 + (x_p - x_2) \operatorname{tg} \alpha_2 \end{aligned} \right\}.$$

Особенности создания съемочного обоснования на карьерах

Геодезические засечки

Прямая засечка

засечки по формулам Гаусса

- ▶ В случае, когда значение одного из дирекционных углов близко к 90 или 270 градусам, удобнее использовать формулы котангенсов дирекционных углов:

$$y_p = \frac{y_1 \operatorname{ctg} \alpha_1 - y_2 \operatorname{ctg} \alpha_2 - x_1 + x_2}{\operatorname{ctg} \alpha_1 - \operatorname{ctg} \alpha_2};$$

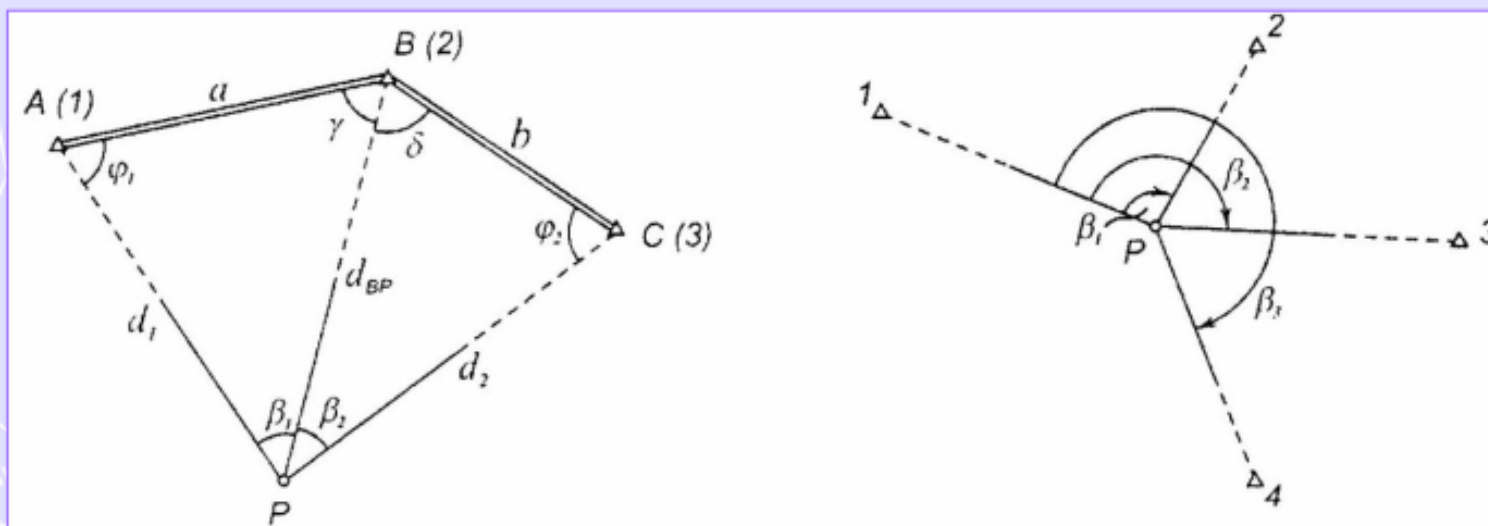
$$\left. \begin{aligned} x_p &= x_1 + (y_p - y_1) \operatorname{ctg} \alpha_1; \\ x_p &= x_2 + (y_p - y_2) \operatorname{ctg} \alpha_2. \end{aligned} \right\}$$

Особенности создания съёмочного обоснования на карьерах

Геодезические засечки

Обратная засечка

Обратная геодезическая засечка (Задача Потенота)

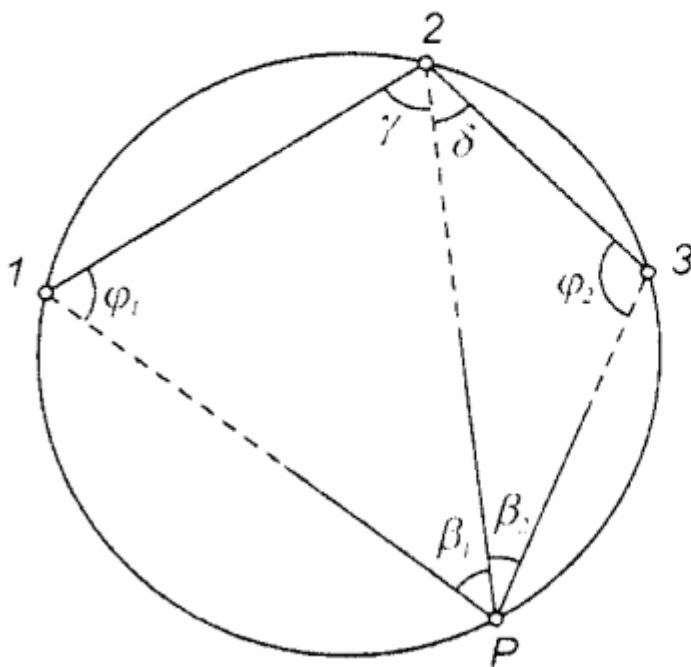


- Обратная угловая засечка заключается в определении неизвестных координат точки путём измерения на ней углов между направлениями на три или более исходных пунктов.
- Полное решение этой задачи было предложено французским математиком Лорано Потенотом. В настоящее время существует около 100 способов решения задачи. Наиболее известны решения по формулам Деламбра, Кнейссля, Пранис-Праневича, Павлова.

Особенности создания съёмочного обоснования на карьерах

Геодетические засечки Обратная засечка

Опасный круг в задаче Потенота



- ▶ Погрешность определения положения искомой точки в значительной степени зависит от её расположения относительно исходных пунктов.
- ▶ Наилучшие результаты получают в случаях нахождения определяемой точки внутри треугольника, образованного исходными пунктами либо вне треугольника напротив одной из её вершин.
- ▶ Если искомая точка находится на окружности, проходящей через исходные точки («опасный круг»), то задача становится неопределённой (не имеет решения).

Особенности создания съемочного обоснования на карьерах

Геодетические засечки

Обратная засечка

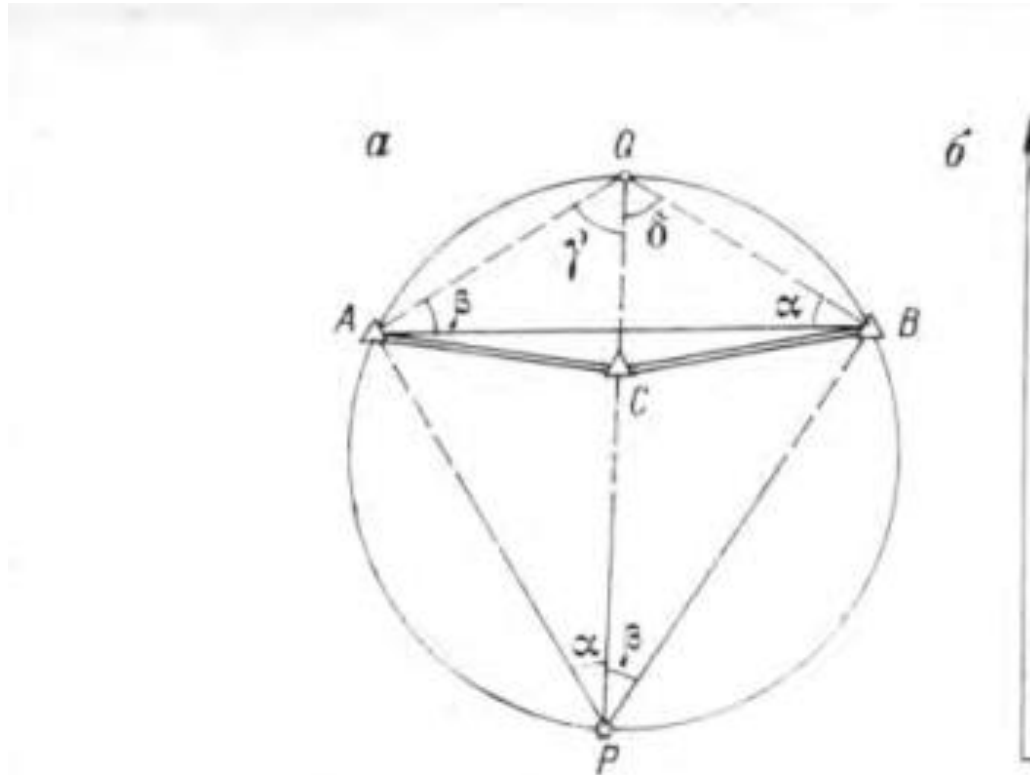


Рис. 2.15. Обратная геодезическая засечка

Особенности создания съёмочного обоснования на карьерах

Геодезические засечки

Обратная засечка

...е, строже, но более универсальным.

Решение обратной геодезической засечки (способ Коллинса) в общем виде сводится к совместному решению 2-х азимутальных прямых засечек, что по условиям последних существенно ограничивает возможности этого способа.

Если имеются пункты A , B и C (рис. 2.15, а), координаты которых известны, то для определения координат интересующей нас точки P на ней устанавливают теодолит и измеряют угол α между направлениями PA и PC , а также угол β между направлениями PC и PB . Для уяснения решения задачи через точки A , B и P проводят окружность, а направление PC продолжают до пересечения с окружностью в точке Q (точка Q нужна только для решения задачи).

Из рис. 2.15, а имеем

$$\angle APQ = \angle ABQ = \alpha \text{ и } \angle QPB = \angle QAB = \beta,$$

как углы, соответственно опирающиеся на одни и те же дуги, с вершинами, лежащими на одной и той же окружности.

Особенности создания съемочного обоснования на карьерах

Геодетические засечки

Обратная засечка

Для определения координат вспомогательной точки Q решается первая прямая засечка, т. е.

$$V_1 = \frac{A, B, \alpha, \beta}{Q}.$$

Вычислив координаты точки Q и зная координаты точки C , определяют дирекционный угол (QC) и, следовательно, дирекционный угол (PC) ,

$$\operatorname{tg}(QC) = \frac{y_C - y_Q}{x_C - x_Q}.$$

– Таким же способом определяют дирекционные углы (QA) и (QB) , а также углы

$$\gamma = (QA) - (QC) \text{ и } \delta = (QC) - (QB),$$

Особенности создания съемочного обоснования на карьерах

Геодезические засечки

Обратная засечка(Коллинс)

$$x_P = \frac{x_A \operatorname{tg}(AP) - x_C \operatorname{tg}(CP) + y_C - y_A}{\operatorname{tg}(AP) - \operatorname{tg}(CP)}; \quad (2.37)$$

$$y_P = (x_P - x_C) \operatorname{tg}(CP) + y_C.$$

Аналогично можно написать и формулы котангенсов:

$$y_P = \frac{y_A \operatorname{ctg}(AP) - y_C \operatorname{ctg}(CP) + x_C - x_A}{\operatorname{ctg}(AP) - \operatorname{ctg}(CP)}; \quad (2.38)$$

$$x_P = (y_P - y_C) \operatorname{ctg}(CP) + x_C.$$

Формулы тангенсов, как указывалось выше, следует применять, если дирекционные углы (AP) и (CP) близки к 0 или 180° , а формулы котангенсов, если дирекционные углы тех же направлений близки к 90 или 270° .

Особенности создания съемочного обоснования на карьерах

Геодезические засечки

Порядок решения обратной засечки способом Кнейссля

1. Вычисляют вспомогательные коэффициенты:

$$\begin{aligned}k_1 &= (x_2 - x_1) \operatorname{ctg} \beta_1 + (y_2 - y_1); \\k_2 &= (y_2 - y_1) \operatorname{ctg} \beta_1 - (x_2 - x_1); \\k_3 &= (x_3 - x_1) \operatorname{ctg} \beta_2 + (y_3 - y_1); \\k_4 &= (y_3 - y_1) \operatorname{ctg} \beta_2 - (x_3 - x_1).\end{aligned}\tag{158}$$

2. Находят котангенс дирекционного угла начального направления на определяемую точку:

$$c = \operatorname{ctg} \alpha_{1,P} = \frac{k_1 - k_3}{k_2 - k_4}.\tag{159}$$

3. Определяют приращения координат искомой точки P относительно исходного пункта I :

$$\begin{aligned}\Delta y_{I,P} &= \frac{k_1 - ck_2}{1 + c^2} = \frac{k_3 - ck_4}{1 + c^2}; \\ \Delta x_{I,P} &= c \cdot \Delta y_{I,P}.\end{aligned}\tag{160}$$

4. Вычисляют координаты точки P :

$$x_P = x_I + \Delta x_{I,P}; \quad y_P = y_I + \Delta y_{I,P}.$$

Особенности создания съемочного обоснования на карьерах

Высотное съемочное обоснование

77. Ходы тригонометрического нивелирования опираются на пункты маркшейдерской опорной сети, высоты которых определены геометрическим нивелированием точности не ниже IV класса. Длину ходов тригонометрического нивелирования принимают не более 2,5 км. Превышения для каждой стороны хода определяют в прямом и обратном направлениях. Расхождение превышений допускается не более $0,04l$, см, где l - длина стороны, м.

78. Невязки ходов тригонометрического нивелирования, проложенных между пунктами опорной сети, допускаются не более $0,04L \sqrt{n}$, мм, где L - длина хода, м; n - число сторон.

79. Для передачи высот на пункты съемочной сети, определяемые способом геодезических засечек или проложением цепочек треугольников, превышения между пунктами определяют из тригонометрического нивелирования в прямом и обратном направлениях или в одном направлении, но не менее чем с двух исходных пунктов.

При полярном способе повторное определение превышения выполняют с изменением высоты цели или инструмента.

Расстояния между исходными и определяемыми пунктами принимают не более 1 км при измерении вертикальных углов теодолитами типа ТЗ0, 1,5 км - теодолитами типа Т15 и 2 км - более точными теодолитами. Расхождение между двумя определениями высоты пункта (с учетом поправок за кривизну Земли и рефракцию) допускается не более $0,03l$, см, при расстояниях до 1 км, $0,02l$, см, - при расстояниях более 1 км, где l - длина стороны, м. Если число определений высоты пункта больше двух, отклонение любого определения от среднего арифметического значения допускается не более 20 см.

Особенности создания съемочного обоснования на карьерах

Высотное съемочное обоснование

80. Длину ходов тригонометрического нивелирования, прокладываемых с использованием электронных тахеометров, принимают не более 10 км, расхождение прямого и обратного определения превышения - $0,01l$, а невязка в ходе - $0,01L/\sqrt{n}$, где l и L длина стороны и длина хода, м, соответственно; n - число сторон.

81. При расстояниях от исходного пункта до определяемых более 700 м и одностороннем тригонометрическом нивелировании в превышения вводят поправки за кривизну Земли и рефракцию.

82. Для технического нивелирования применяют нивелиры и рейки, обеспечивающие заданную точность.

83. Ходы технического нивелирования прокладывают между исходными реперами в одном направлении; разрешается прокладывать висячие ходы в прямом и обратном направлениях. Расстояния до реек принимают по возможности равными и не превышают 150 м. Разность превышений, определенных по черной и красной сторонам реек или при двух горизонтах инструмента, допускается не более 5 мм. Невязка ходов допускается не более $50\sqrt{L}$, мм, где L - длина хода, км. При числе станций на 1 км более 25 невязка в ходе допускается не более $10\sqrt{n}$, мм, где n - число станций в ходе.