



Негосударственное частное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Технический университет УГМК»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К ВЫПОЛНЕНИЮ  
ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**ГЕОДЕЗИЯ И МАРКШЕЙДЕРИЯ**

Специальность	<u>21.05.04 Горное дело</u>
Направленность (профиль)	<u>Подземная разработка рудных месторождений</u>
Уровень высшего образования	<u>Специалитет</u> <i>(бакалавриат, специалитет, магистратура)</i>

Автор - разработчик: Колесатова О.С., ст.преподаватель  
Рассмотрено на заседании кафедры разработки месторождений полезных ископаемых  
Одобрено Методическим советом университета 30 июня 2021 г., протокол № 4

г. Верхняя Пышма  
2021

# ГЕОДЕЗИЯ

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 1. РАБОТА С ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ КАРТОЙ

Общие сведения о топографических планах и картах

Чтобы спроектировать линию местности на горизонтальную плоскость, нужно определить её горизонтальное проложение (проекцию линии на горизонтальную плоскость) и уменьшить его до определенного масштаба. Для проектирования на горизонтальную плоскость какого-либо многоугольника (рис. 1) измеряют расстояния между его вершинами и горизонтальные проекции его углов.

Совокупность линейных и угловых измерений на земной поверхности называется геодезической съемкой. По результатам геодезической съемки составляют план или карту.

План – чертеж, на котором в уменьшенном и подобном виде изображается горизонтальная проекция небольшого участка местности.

Картой называется уменьшенное и искаженное вследствие влияния кривизны Земли изображение горизонтальной проекции значительной части или всей земной поверхности, построенное по определенным математическим законам.

На карте при изображении всей поверхности Земли или значительной её части неизбежны искажения длин линий, углов и площадей. Данные искажения порождены невозможностью развернуть сферическую поверхность на плоскость без складок и разрывов

### Определение координат точек на карте

Географические координаты какой-либо точки, например, точки  $B$ , можно определить по следующим, формулам:

$$A_B = A_0 + \Delta\varphi; Y_B = Y_0 + \Delta\lambda$$

где:  $A_B$  и  $Y_B$  - географические координаты точки  $B$  (соответственно - широта  $A_B$  и долгота  $Y_B$ );

$A_0$  и  $Y_0$  - широта ближайшей к точке  $B$  параллели и долгота  $Y_0$  ближайшего к точке  $B$  меридиана;

$\Delta\varphi$  и  $\Delta\lambda$  - расстояние соответственно по широте  $\varphi$  и долготы  $\lambda$ , перпендикуляры к которым пересекаются в точке  $B$ .

При определении прямоугольных координат  $(x, y)$  точки используют оцифровку километровой сетки. Пусть требуется установить координаты точки  $A$ . Эти координаты вычисляют, по следующим формулам:

$$X_A = X_{сетки} + \Delta X \quad Y_A = Y_{сетки} + \Delta Y$$

где:  $X_A$  и  $Y_A$  – прямоугольные координаты  $(X, Y)$  точки  $A$ .

$X_{сетки}$  и  $Y_{сетки}$  – абсцисса и ордината квадрата километровой сетки.

$\Delta X$  и  $\Delta Y$  - длина перпендикуляров, опущенных из точки  $A$  на стороны квадрата координатной сетки.

### Ориентирование линий

Под ориентированием линии понимают определение её направления относительно другого направления, принятого за исходное. Для этого различают следующие

горизонтальные ориентируемые углы: азимуты истинный и магнитный, дирекционный угол, румб.

Истинным азимутом или просто азимутом называется горизонтальный угол от северного конца истинного меридиана по ходу часовой стрелки до данной ориентируемой линии.

Магнитный азимут - это горизонтальный угол от северного конца магнитного меридиана по ходу часовой стрелки до данной ориентируемой линии.

Дирекционным углом называют горизонтальный угол от северного конца осевого меридиана до данной линии.

Азимуты и дирекционные углы измеряются в пределах от 0 до 360°.

Истинный азимут, магнитный азимут и дирекционный угол связаны следующим соотношением:

$$A = \alpha + \gamma \quad ; \quad A^m = A \pm \delta$$

где:  $A$  и  $A^m$  - соответственно истинный и магнитный азимуты;

$\alpha$  - дирекционный угол;

$\gamma$  - сближение меридианов (угол между истинным и осевым меридианами).

$\delta$  - склонение магнитной стрелки или магнитное склонение, (угол между истинным и магнитным меридианами).

Румб - это острый горизонтальный угол от ближайшего осевого меридиана до данной линии. В названии румба в начале указывается направление по странам. света (СВ, ЮВ, ЮЗ, СЗ), а затем – численное значение угла.

Дирекционные углы бывают прямыми и обратными. Дирекционный угол  $\alpha_{AB}$  в направления с точки  $A$  на точку  $B$  называют прямым, а дирекционный угол  $\alpha_{BA}$  направления с точки  $B$  на точку  $A$  – обратным. Между прямым и обратным дирекционными углами имеется связь:

$$\alpha_{BA} = \alpha_{AB} + 180^\circ;$$

$$\alpha_{BA} = \alpha_{AB} - 180^\circ;$$

В общем случае эти формулы объединяются в одну:

$$\alpha_{BA} = \alpha_{AB} \pm 180^\circ;$$

При вычислениях по данной формуле следует применять знак плюс или минус с таким расчетом, чтобы обратный дирекционный угол не превышал 360° и не имел отрицательного знака.

### Определение по карте дирекционных углов, истинного и магнитного азимуты

Ориентирные углы на карте можно измерить транспортиром. Для этого необходимо вначале через начальную точку ориентирного направления провести линию, параллельную оси абсцисс (ось X), т. е. вертикальную линию километровой сетки. Затем к ней прикладывают транспортир и измеряют ориентирные углы, а точнее - два из них: дирекционный угол и румб. При измерении азимута следует учитывать не километровую, а градусную сетку.

Вычисления углов ведутся по формулам:

$$A_{AB} = A_{AB}^m + \delta; \quad A_{AB}^m = A_{AB} - \delta; \quad \gamma = A_{AB} - \alpha_{AB};$$

где  $A_{AB}$  - истинный азимут;

$A_{AB}^m$  - магнитный азимут;

$\alpha_{AB}$  - дирекционный угол;

$\delta$  - магнитное склонение;

$\gamma$  - сближение меридианов.

Если известны (либо определены графически) координаты  $x_1, y_1$  и  $x_2$  и  $y_2$  начальной и конечной точек линии, то дирекционный угол данного направления рассчитывают по формуле:

$$\alpha_{1-2} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1};$$

На практике обычно сначала находят дирекционный угол, а затем, зная склонение магнитной стрелки  $\delta$  и сближение меридианов  $\gamma$ , вычисляют истинный и магнитный азимуты:

$$A_{AB} = \alpha_{AB} + \gamma; A^m = A_{AB} - \delta + \Pi;$$

где  $\Pi$  - поправка ( $\Pi = \delta - \gamma$ ).

Средние значения  $\delta$  и  $\gamma$  берут с данного листа карты.

### Определение высот точек по горизонталям

Если точка расположена на горизонтали, то отметка этой точки равна отметке данной горизонтали. Если горизонталь не оцифрована, то ее отметка находится по оцифровке соседних горизонталей с учетом высоты сечения рельефа.

Однако точка может находиться между горизонталями. В таких случаях отметка ее определяется по формуле:

$$H = H_{пред.} + a \frac{h}{d};$$

где:  $H$  - искомая отметка данной точки;

$H_{пред.}$  - отметка предыдущей нижерасположенной "младшей" горизонтали;

$d$  - заложение линии, проходящей через данную точку;

$a$  - отрезок вдоль линии, проходящей через данную точку (соединяет эту точку с нижерасположенной горизонталью);

$h$  - превышение горизонталей или высота сечения рельефа.

### Определение уклонов линий и углов наклона по горизонталям.

Уклон - это отношение превышения к заложению линий:

$$i = \frac{h}{d} = \text{tg} \gamma.$$

Уклон выражается относительным числом в сотых долях (процентах, %) или тысячных долях (промиллях, ‰). Уклоны бывают положительные и отрицательные.

Крутизну ската (склона) или угол наклона можно вычислить также в градусах:

Величину угла наклона находят по специальным таблицам или по таблицам тригонометрических функций. Для определения крутизны ската в углах наклона  $\gamma$  используют формулу:

$$\gamma = \text{arctg} \frac{h}{d}.$$

Чтобы избежать расчетов при определении уклонов и углов наклона по плану или карте, на практике пользуются специальными графиками, называемыми графиками (масштабами) заложений.

График (масштаб) заложений для уклонов строится следующим образом (рис. ). По формуле:

$$d = \frac{h}{i}$$

вычисляют для значений  $1, 2, 3^\circ$  и т.д. заложения  $d$  при заданной высоте сечения  $h$ . Проводят прямую горизонтальную линию и на ней откладывают равные отрезки

произвольной длины и у концов отрезков снизу подписывают значения уклонов. Вверх от горизонтальной прямой проводят перпендикуляры, на которых откладывают предварительно вычисленные соответствующие заложения в масштабе карты и концы отрезков соединяют плавной кривой. Полученный график называется масштабом заложений для уклонов.

Пользуются данным графиком следующим образом. Измерителем фиксируют расстояние между горизонталями по карте в заданном месте. Далее иглу одной ножки циркуля устанавливают на горизонтальной прямой графика заложений так, чтобы раствор измерителя располагался вертикально, а игла другой ножки совмещалась с кривой линией графика. Если раствор измерителя занимает, предположим положение СД, то уклон линии в таком случае будет равен:  $2,5\% = 0,0025$ .

График (масштаб) заложений для углов наклона строится аналогичным образом. Отличие заключается лишь в том, что при этом используют значение не уклонов, а углов наклона (крутизны скатов). При построении графика вначале вычисляют значения заложений для углов наклона  $1, 2, 3^\circ$  и т.д. по формуле:

$$d = h * \operatorname{tg} \gamma$$

и по полученным показателям  $d$  строят график.

Чтобы определить по этому графику крутизну ската в градусах, устанавливают раствор измерителя вдоль вертикали и производят отсчет по горизонтальной оси.

### **Построение профиля рельефа по заданному направлению**

На линии профиля, заданной на карте, проставляются и нумеруются характерные точки рельефа.

На миллиметровке проводят горизонтальную линию и на ней в масштабе откладывают отрезки между характерными точками будущего профиля. Параллельно этой горизонтальной линии проводят линию условного горизонта с таким расчетом, чтобы она не пересекалась с линией профиля, т.е. с линией, проходящей через самую низкую отметку точек профиля.

Ниже линии условного горизонта и параллельно ему строят графы: "отметка точек", "расстояние". Обозначают точки, отметки точек и расстояния в этих графах, беря данные с карты.

Далее, из полученных точек вверх поднимают перпендикуляры и на них в принятом вертикальном масштабе откладывают высоты. Причем, вертикальный масштаб обычно бывает в 10 раз крупнее горизонтального. Строят шкалу высоты, наименьшее деление шкалы зачастую соответствует высоте сечения рельефа. По перпендикулярам вверх откладывают отметки точек, которые соединяют между собой вдоль профиля плавной кривой (иногда - ломаной) линией. Таким образом получают профиль местности по заданной линии. В конце делают необходимые подписи к профилю.

### **Построение на карте (плане)**

Предположим, требуется наметить трассу автодороги между какими-то точками в масштабе 1:10000. При этом следует иметь ввиду, что уклон на всем протяжении трассы не должен превышать заданного значения (например 0,05). Высота сечения рельефа на карте (плане) = 5 м.

Вначале рассчитывают заложение, которое соответствует заданному уклону и высоте сечения. Заложение можно найти по графику (масштабу) заложений для уклонов или же вычислить по формуле. В данном примере:

$$d = \frac{h}{i} = \frac{5 \text{ м}}{0,05} = 100 \text{ м.}$$

В масштабе карты (плана) заложение выразится:

$$d = \frac{m \times 100}{\text{масштаб}} = \frac{100.m \times 100}{10000} = 1\text{см.}$$

Раствором циркуля, равным заложению  $d=1$  см, из точки 0 засекают соседнюю горизонталь и получают точку 1. Из точки 1 тем же раствором засекают следующую горизонталь, отмечая точку 2 и т.д. Соединяют полученные точки и проводят линию с заданным проектным уклоном

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 2 ПОВЕРКИ И ЮСТИРОВКИ ИНСТРУМЕНТОВ

Поверка - выявление правильности взаимного расположения отдельных частей и осей прибора, определяющих соблюдение его геометрической схемы. В том случае, если при проверке прибора выявлено нарушение правильного взаимного расположения отдельных частей и осей, то проводят юстировку прибора.

Юстировка - исправление нарушенных условий взаиморасположения осей прибора.

### ПОВЕРКИ И ЮСТИРОВКИ ТЕОДОЛИТА

#### Поверка №1

Условие поверки. *Ось цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга должна быть перпендикулярна оси вращения теодолита.*

Порядок действий.

1. Установить штатив, вдавив ножки в землю. Площадка головки штатива должна быть приблизительно горизонтальна.
2. Закрепить теодолит на штативе становым винтом.
3. Закрепить горизонтальный круг.
4. Вращением алидады расположить уровень при алидаде параллельно двум (любым) подъемным винтам подставки теодолита.
5. Вращая эти винты, привести пузырек уровня в нуль-пункт.
6. Повернуть алидаду на  $90^\circ$  (на глаз) и, вращением третьего подъемного винта вновь привести пузырек уровня в нуль-пункт.
7. Повернуть алидаду от этого положения на  $180^\circ$ .

Если пузырек отклонится от нуль-пункта более одного деления шкалы ампулы - выполнить **юстировку уровня**.

**Юстировка.** Вращением исправительных винтов уровня переместить пузырек к нуль - пункту на половину величины его отклонения. После этого действия 1 - 7 повторить.

#### Поверка №2

Условие поверки. *Визирная ось зрительной трубы должна быть перпендикулярна оси вращения зрительной трубы.*

Порядок действий.

1. Привести ось вращения теодолита в отвесное положение.
2. Дважды, т.е. при положении вертикального круга справа (КП) и слева (КЛ), навести трубу на удаленную ( $\geq 100$  м) точку местности. При этом труба должна быть расположена приблизительно горизонтально (угол наклона трубы не более  $\pm 5^\circ$ ). Всякий раз взять отсчёты по горизонтальному кругу соответственно **R** и **L**.
3. Вычислить значение коллимационной погрешности

$$c = \frac{L - R \pm 180^\circ}{2}. \quad \text{Здесь } +180^\circ, \text{ если } L < R.$$

Условие поверки выполнено, если  $|c| \leq 2'$ . При не соблюдении условия выполнить юстировку.

**Юстировка.** Снять колпачок, открывающий доступ к юстировочным винтам сетки нитей; вращением наводящего винта алидады горизонтального круга установить по горизонтальному кругу отсчёт  $L_0 = L - c$ ;

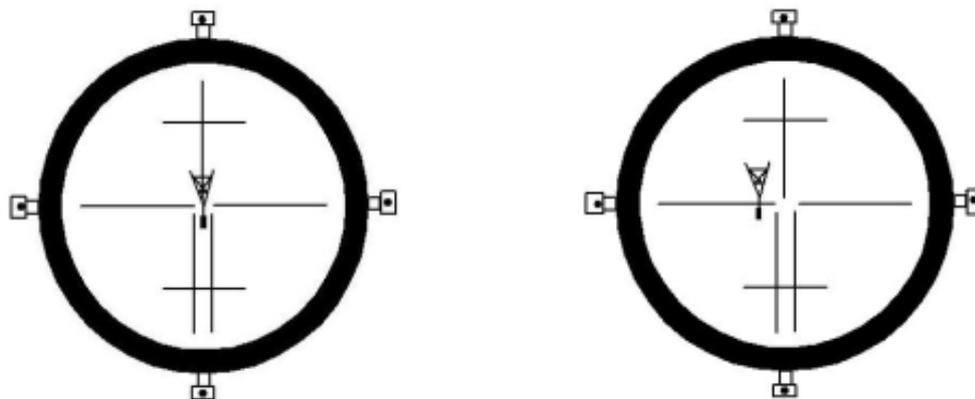


Рисунок 1 - Вид в окуляр зрительной трубы при визировании на точку (вид слева) и после установки по лимбу отсчета  $L_0$  (вид справа)

- ослабить один из вертикальных исправительных (юстировочных) винтов сетки нитей;
- вращением горизонтальных исправительных винтов совместить перекрестие нитей сетки нитей с наблюдаемой точкой;
- завинтить до упора вертикальный исправительный винт;
- установить на место снятый колпачок.

### Поверка №3

Условие поверки. Ось вращения зрительной трубы должна быть перпендикулярна оси вращения теодолита.

Порядок действий.

1. Установить теодолит на расстоянии 5 - 10 метров от стены здания, привести ось вращения его в отвесное положение.

2. При двух положениях вертикального круга наводят перекрестие нитей сетки нитей зрительной трубы на высоко расположенную точку А стены здания (угол наклона визирной оси должен быть 30 - 40°). При визировании на точку А при положении вертикального круга слева (КЛ) берут отсчет по вертикальному кругу  $L$  и записывают его в журнал. Наклоняют трубу до горизонтального положения (отсчет по вертикальному кругу должен быть 0°00'). Отмечают карандашом на стене проекции  $aR$  и  $aL$  (см. Рисунок 2).

3. Измеряют длины отрезков:  $l$  - с точностью до 0,1 мм ;  $D$  - с точностью до 0,1 м.

4. Вычисляют:

- высоту треугольника  $h = D \cdot \operatorname{tg} \nu$ , где  $\nu = L - MO$  - угол наклона линии визирования,  $MO$  - место нуля вертикального круга;

- погрешность за неравенство колонок оси вращения зрительной трубы

$$\nu_0'' = \frac{l}{2 \cdot h} \cdot 206265''.$$

Условие поверки выполнено, если  $|v| \leq 120''$ .

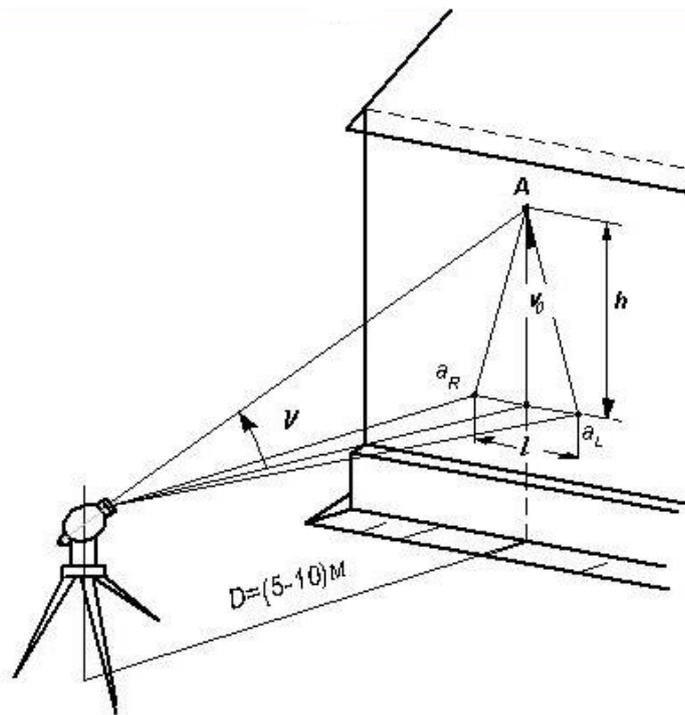


Рисунок 2 - Схема выполнения поверки №3

**Юстировка.** Выполняется в мастерской поворотом эксцентриковой втулки оси вращения зрительной трубы.

#### Поверка №4

Условие поверки. Средняя горизонтальная нить сетки нитей зрительной трубы должна быть перпендикулярна оси вращения теодолита.

Порядок действий.

1. Привести ось вращения теодолита в отвесное положение.
2. Навести среднюю горизонтальную нить сетки нитей на неподвижную точку местности одним из концов нити (Рисунок3).

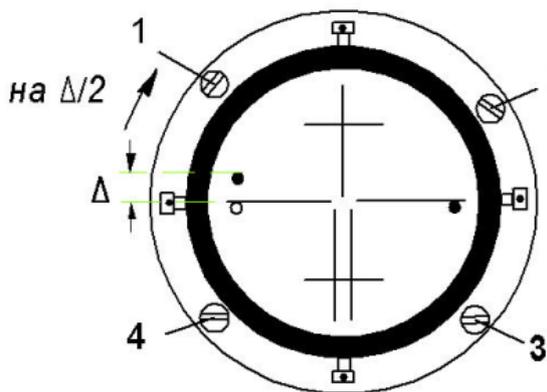


Рисунок 3 - Поверка № 4

3. Вращением наводящего винта алидады горизонтального круга переместить изображение точки к противоположному концу нити.

Условие поверки выполнено, если изображение точки остается на нити.

**Юстировка.** Ослабить крепёжные винты окуляра 1,2,3,4. Повернуть окуляр в направлении стрелки (см. Рисунок 3) на величину  $\Delta/2$ . Поверку повторить.

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 3

### Измерение внутренних горизонтальных углов

Последовательность измерения угла способом приемов

1. Центрирование теодолита - совмещение оси вращения теодолита с центром геодезического знака в данной точке.

Устанавливают штатив над точкой так, чтобы площадка головки штатива была горизонтальна, а центр её располагался над центром знака. Это предварительное центрирование головки штатива выполняют на глаз (Рисунок 12). Вдавливают ножки штатива в землю. Закрепляют теодолит на головке штатива становым винтом. К становому винту прикрепляют нитяной отвес (Рисунок 13). Изменяя длину ножек штатива, остриё грузика отвеса совмещают с центром знака. Окончательное совмещение острия грузика с центром знака достигается перемещением теодолита по площадке головки штатива, предварительно ослабив становой винт.

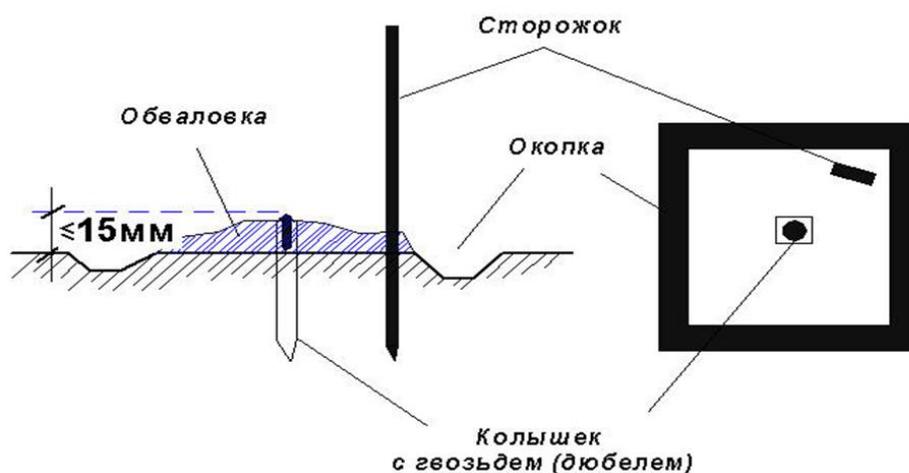


Рисунок 11 - Закрепление точек геодезического обоснования

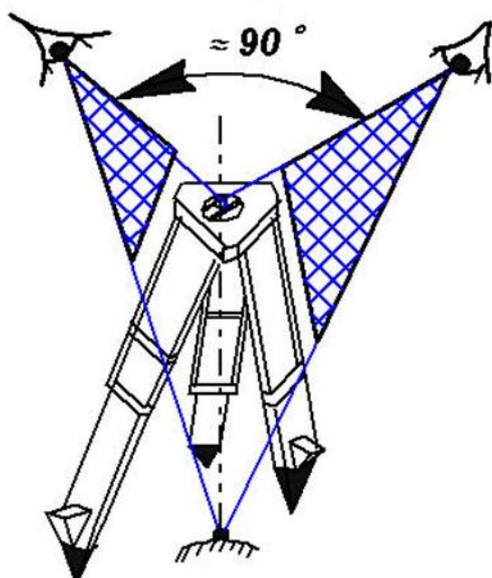


Рисунок 12 - Предварительное центрирование

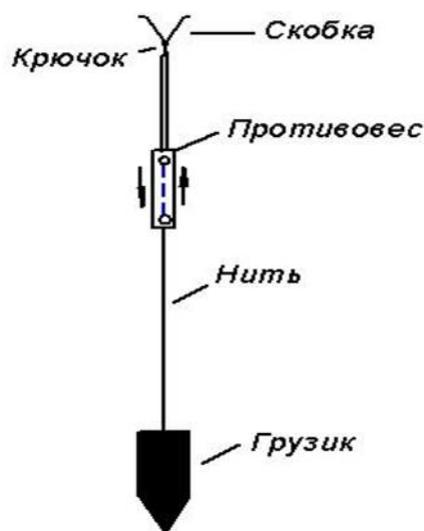


Рисунок 13 - Нитяной отвес

2. Приведение оси вращения теодолита в отвесное положение. Вращением алидады (*лимб закрепить!*) расположить уровень при алидаде горизонтального круга параллельно двум подъемным винтам подставки теодолита (Рисунок 14).

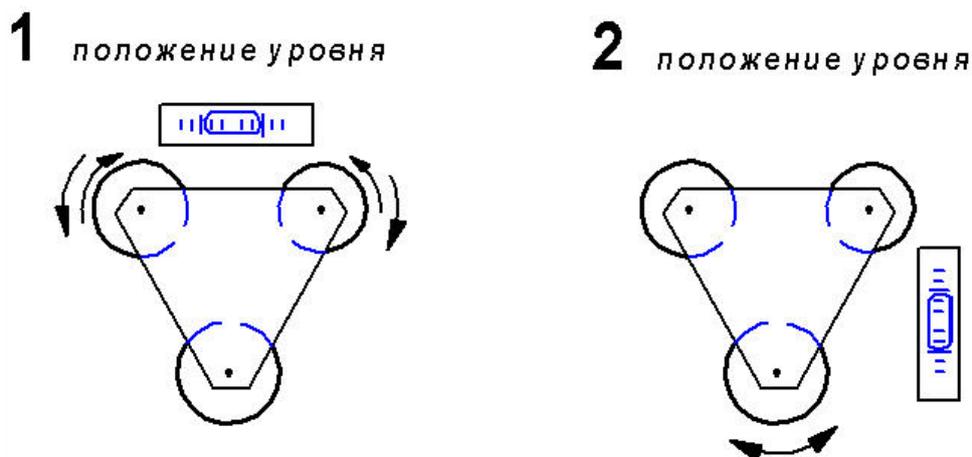


Рисунок 14 - Приведение оси вращения теодолита в отвесное положение

Вращением одновременно этих винтов в противоположных направлениях привести пузырёк уровня в нуль - пункт. Повернуть алидаду на  $90^\circ$  и вращением третьего подъемного винта вновь привести пузырек уровня в нуль - пункт. Медленно вращая алидаду, убедиться, что пузырек уровня не смещается от нуля - пункта более одного деления шкалы ампулы. В противном случае действия пункта 3 повторить.

3. В двух других вершинах треугольника в створе его сторон установить отвесно вехи или нивелирные рейки (Рисунок 15 - 17).

*Створом линии местности называется отвесная плоскость, проведенная через концы отрезка этой линии.*

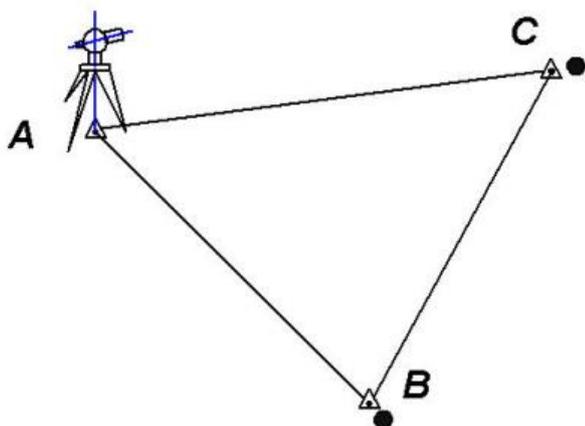


Рисунок 15 - Схема треугольника



Рисунок 16 - Веха

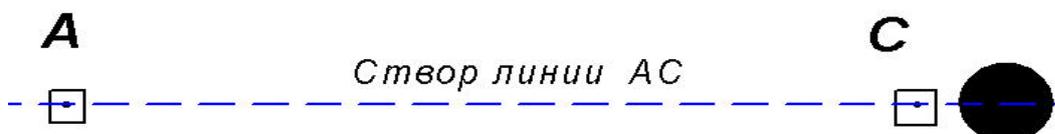


Рисунок 17- Створ линии AC

### Измерение горизонтального угла

Отдельный горизонтальный угол измерить способом приемов одним полным приемом, состоящим из двух полуприемов.

#### Первый полуприём.

(Вертикальный круг слева, КЛ)

От наблюдать левое, затем правое направления.

#### Второй полуприём.

(Вертикальный круг справа, КП)

От наблюдать левое, затем правое направления.

#### Программа наблюдения направлений:

- 1) Закрепить горизонтальный круг.
- 2) Установить зрительную трубу по глазу наблюдателя - вращением диоптрийного кольца окуляра достичь чёткого изображения нитей сетки нитей зрительной трубы.
- 3) Открепить алидаду и зрительную трубу. Приблизённо, с помощью коллиматора, навести трубу на визирную цель (веху или рейку).
- 4) Закрепить алидаду и зрительную трубу.
- 5) Установить зрительную трубу по предмету - вращением кремальеры достичь чёткого изображения визирной цели.
- 6) Вращением наводящих винтов алидады и зрительной трубы выполнить визирование - точное наведение трубы на цель (см. Рисунок 18). При визировании на рейку (веху) перекрестие нитей сетки нитей наводят на ось рейки (вехи) вблизи её основания.
- 7) Взять отсчет по горизонтальному кругу и записать в журнал.
- 8) Вычислить значения горизонтального угла, измеренного в полуприёмах, как разность правого и левого направлений.

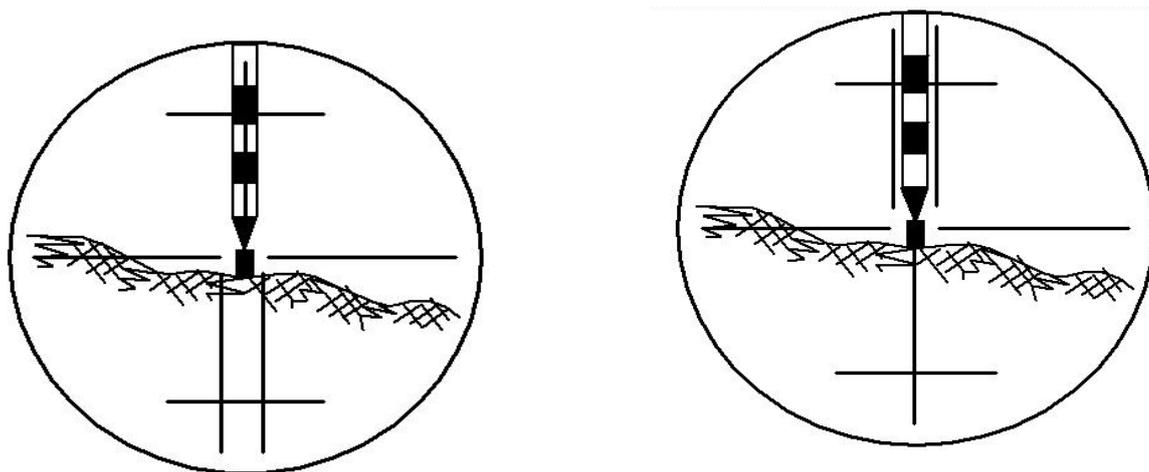


Рисунок 18 - Визирование на точки местности

**Допуск.** Расхождение значений угла в полуприёмах не должно превышать удвоенной точности отсчётного устройства. У теодолитов Т30 и 2Т30 точность отсчётных устройств  $t = \pm 1,0'$ .

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 4 ПОВЕРКИ И ЮСТИРОВКА НИВЕЛИРА

### Поверка № 1

Условие поверки. *Ось круглого уровня должна быть параллельна оси вращения нивелира.*

Порядок действий.

1. Установить нивелир на штативе. Ножки штатива вдавить в землю, площадка головки штатива должна занимать на глаз горизонтальное положение.

**Внимание!** Нивелир закрепить станковым винтом, завинчивая его умеренно без перетяжки во избежание износа резьбы подъёмных винтов подставки и деформации пружинящей пластины.

2. Расположить зрительную трубу параллельно двум подъёмным винтам подставки нивелира.

1. Вращением подъёмных винтов привести пузырёк круглого уровня в нуль - пункт.

2. Повернуть зрительную трубу вокруг оси вращения нивелира на  $180^\circ$ .

Если пузырёк уровня не пересекает внешнюю окружность ампулы, - условие поверки выполнено.

**Юстировка.** Исправительными винтами уровня переместить пузырёк к нуль - пункту на половину величины его отклонения.

### Поверка № 2

Условие поверки. *Средняя горизонтальная нить сетки нитей зрительной трубы должна быть перпендикулярна оси вращения нивелира.*

Порядок действий.

1. Привести ось вращения нивелира в отвесное положение.

2. Установить отвесно нивелирную рейку на башмаке на расстоянии 15...20 метров от нивелира.

3. Взять отсчеты по рейке правым ( $a_{П}$ ) и левым ( $a_{Л}$ ) концами средней горизонтальной нити сетки нитей зрительной трубы.

Условие поверки выполнено, если  $|a_{П} - a_{Л}| \leq 2\text{мм}$ .

**Юстировка.**

Порядок действий.

1. Вывинтить крепежные винты 1,2,3 окуляра (см.Рисунок 4). Снять окуляр.

2. Ослабить винты А,В,С. Повернуть оправу сетки нитей вокруг винта В.

3. Надеть окуляр и, не завинчивая винты 1,2,3, повторить поверку.

4. При выполнении условия, винты А,В,С затянуть, надеть окуляр и закрепить его винтами 1,2,3.

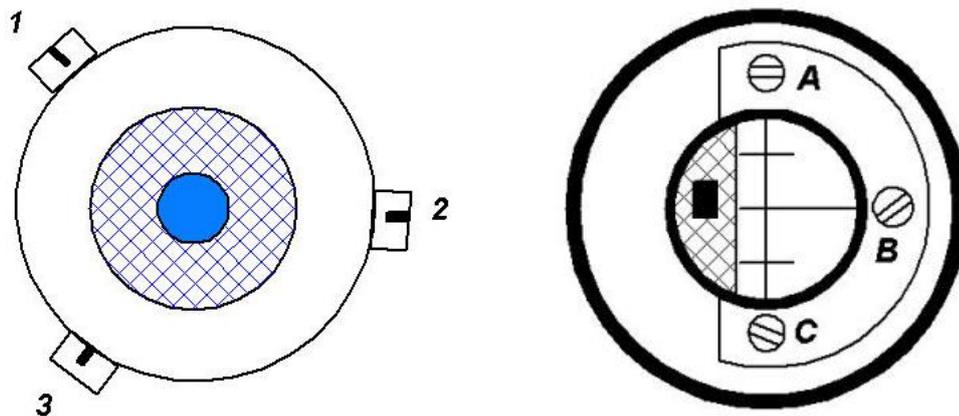


Рисунок 4 - К поверке № 2 нивелира

### Поверка № 3 (основная)

Условие поверки. Визирная ось зрительной трубы должна быть горизонтальна.

Порядок действий.

1. На приблизительно горизонтальной площадке на расстоянии 50....75 метров друг от друга забивают два кольшка (точки А и В на Рисунок 5), в торец которых следует забить гвозди или дюбели со сферическими головками. Вместо кольев можно воспользоваться нивелирными башмаками.

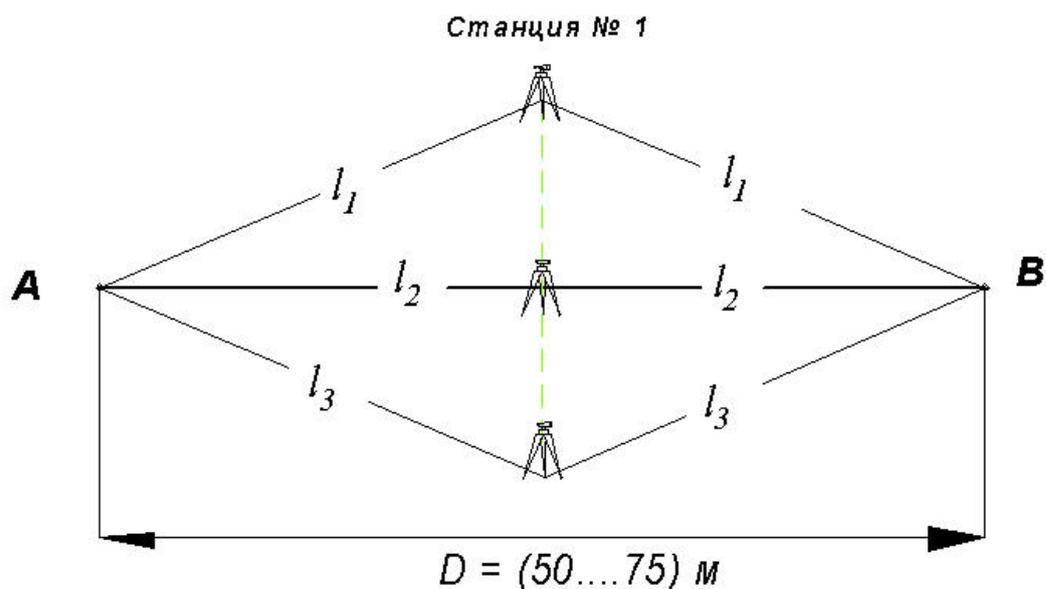


Рисунок 5 - Положение станции № 1

2. Между точками А и В, на одинаковых расстояниях от них установить на штативе нивелир (станция № 1).
3. Привести ось вращения нивелира в отвесное положение.
4. В точках А и В на кольшках (башмаках) установить отвесно нивелирные рейки.

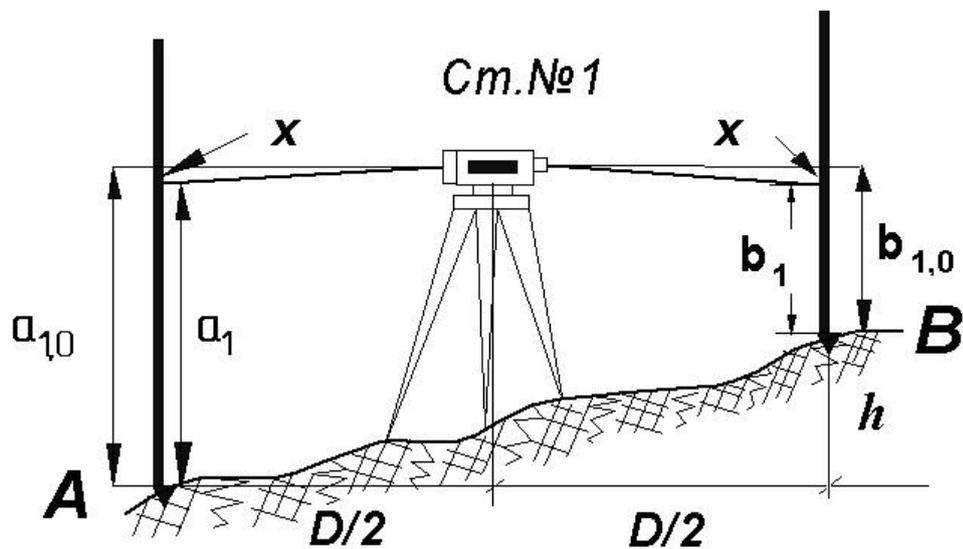


Рисунок 6 - Нивелирование из середины отрезка  $AB$

5. Взять отсчеты  $a_1$  и  $b_1$  по чёрным сторонам реек, установленным в точках  $A$  и  $B$ . Пример отсчитывания смотри на Рисунок 7.

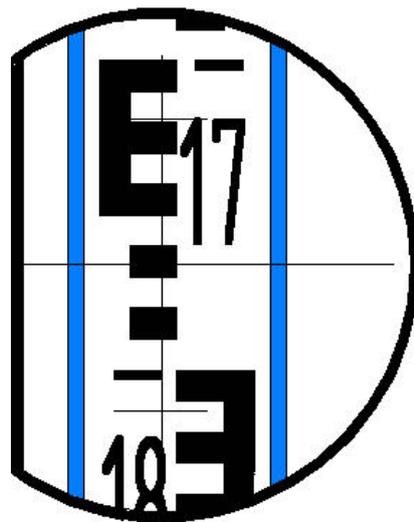


Рисунок 7 - Отсчет по нивелирной рейке 1766 мм

6. Вычислить превышение  $h_{II} = a_1 - b_1$ .
7. Перенести нивелир к точке  $B$  и установить его на расстоянии  $d = (3 \dots 5)$  метров от неё (см. Рисунок 8.1, 8.2).
8. Взять отсчеты  $b_2$  и  $a_2$  по чёрным сторонам реек, установленным в точках  $B$  и  $A$ . Пример отсчитывания смотри на Рисунок 7.
9. Отсчеты записать в журнал (табл. 2), где вычислить:
  - $h_{II} = a_1 - b_1$  - превышение точки  $B$  над точкой  $A$  (прямое превышение);
  - $h_O = b_2 - a_2$  - превышение точки  $A$  над точкой  $B$  (обратное превышение);
  - $Y_2 = h_{II} + h_O$  - погрешность  $Y_2$  в отсчете  $a_2$ , вызванную непараллельностью визирной оси зрительной трубы с осью цилиндрического контактного уровня.

Условие поверки выполнено, если  $|Y_2| \leq \frac{4 \cdot D}{75}$  мм.

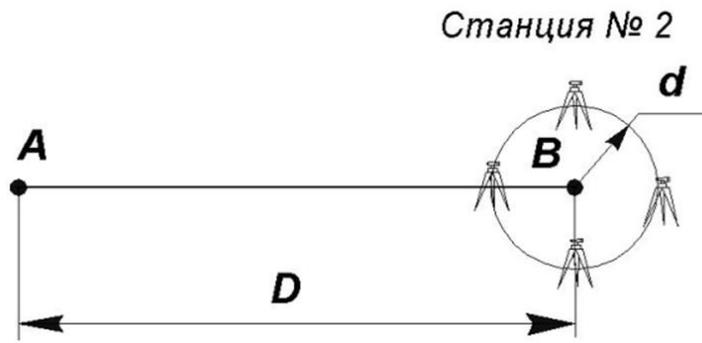


Рисунок 8.1 - Положение станции № 2

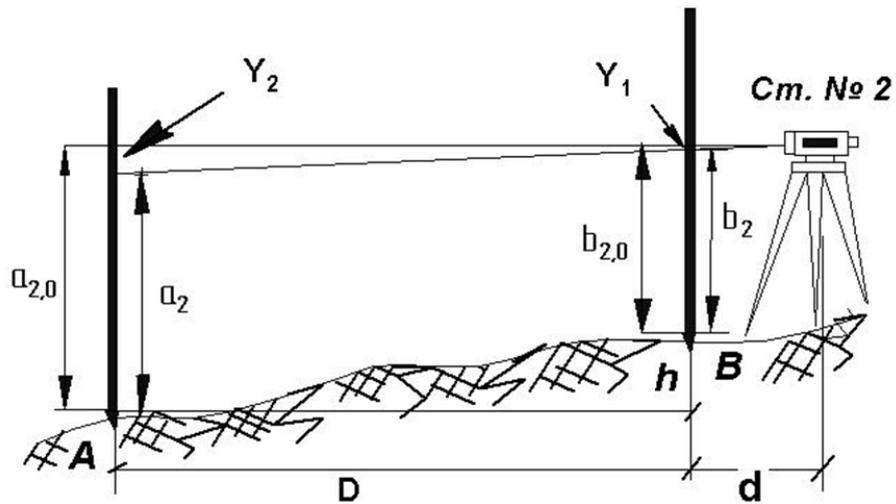


Рисунок 8.2 - Нивелирование отрезка ВА

Таблица 2 - Журнал наблюдений и вычисления погрешности  $Y_2$

№ ст.	№ точек	Отсчеты по рейкам		Превышения $h$ , мм	Вычисления
		$a$	$b$		
1	A	$a_1$		$h_{II}$	$h_{II} = a_1 - b_1 = \underline{\hspace{2cm}}$
	B		$b_1$		
2	B		$b_2$	$h_O$	$h_O = b_2 - a_2 = \underline{\hspace{2cm}}$
	A	$a_2$			$Y_2 = h_{II} + h_O = \underline{\hspace{2cm}}$
					$D = \underline{\hspace{2cm}}$
Нивелирование после юстировки					$\frac{4D}{75} = \underline{\hspace{2cm}}$
2	B		$b_3$	$h_K$	$a_{2,0} = a_2 + Y_2 = \underline{\hspace{2cm}}$
	A	$a_3$			$h_K = b_3 - a_3 = \underline{\hspace{2cm}}$

### Юстировка. Порядок действий.

1. Открыть крышку **4** (Рисунок 9).

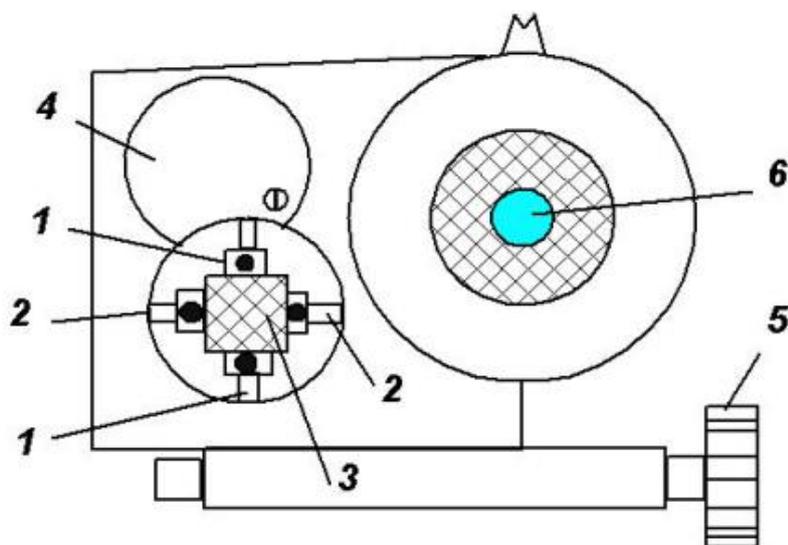


Рисунок 9 - Юстировка цилиндрического контактного уровня:

- 1** - вертикальные исправительные винты; **2** - горизонтальные исправительные винты; **3** - конец оправы цилиндрического контактного уровня; **4** - крышка; **5** - элевационный винт; **6** - окуляр зрительной трубы.

2. Ослабить один из исправительных винтов **2**.
3. Вращением элевационного винта **5** установить отсчёт  $a_{2,0} = a_2 + Y_2$  по рейке в точке *A*. Вращением исправительных винтов **1** совместить изображение концов пузырька цилиндрического контактного уровня.
4. Завинтить горизонтальные исправительные винты **2** оправы уровня.
5. Повторить измерения на станции № 2. Если условие поверки выполнено, закрыть крышку **4**.

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 5 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕВЫШЕНИЙ МЕЖДУ ТОЧКАМИ

Замкнутый нивелирный ход технического класса точности, состоящий из 5 - 6 станций, прокладывается по сторонам треугольника с целью освоения правил наблюдений на станции и порядка обработки нивелирного журнала. Ход прокладывается по башмакам или кольям, но ни в коем случае по земле.

Ход начинается от одной из вершин треугольника, на верх кольшка в которой устанавливают отвесно нивелирную рейку с сантиметровыми делениями. Рейка двухсторонняя, трехметровая, складная (РН-3000).

Выбирают положение установки нивелира и передней рейки. При этом следует придерживаться следующих правил:

- 1) максимальное расстояние от нивелира до реек не более 120 м;
- 2) прохождение визирного луча над подстилающей поверхностью не менее 0,2 м;
- 3) должно соблюдаться равенство плеч (см. Рисунок5), то есть расстояний от нивелира до задней и передней реек. Расхождение в длинах плеч допускается не более пяти метров. Длины плеч измеряют шагами.

Не рекомендуется экономить время на сокращении числа станций в ходе. Это, как правило, приводит к увеличению затраты времени на установку прибора, особенно у начинающих наблюдателей: то визирный луч "бьёт" в землю, то проходит выше рейки.

Выбрав место для установки передней рейки, устанавливают башмак (см. рисунок 21), вдавливают его ногой в землю.

На штифт башмака отвесно (на глаз) устанавливают нивелирную рейку.

Ножки штатива вдавливают в землю таким образом, чтобы площадка головки штатива занимала на глаз горизонтальное положение. Становым винтом закрепляют нивелир на площадке головки штатива при умеренной затяжке винта с тем, чтобы не сорвать резьбу подъёмных винтов подставки нивелира и не создать деформацию демпфирующей пластины подставки - трегера.

Вращением подъёмных винтов подставки нивелира приводят ось вращения его в отвесное положение - пузырёк круглого (установочного) уровня приводят в нуль - пункт.

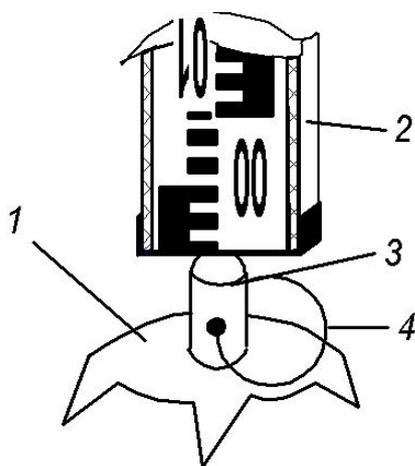


Рисунок 21 - Установка нивелирной рейки на башмаке

1 - башмак; 2 - нивелирная рейка; 3 - штифт со сферической головкой;  
4 - ручка для переноски башмака.

#### Порядок отсчитывания по рейкам:

- берут отсчёт по чёрной  $a^q$  стороне рейки, установленной в задней точке нивелирного хода;

- берут отсчёт по чёрной  $b^q$  стороне рейки, установленной в передней точке нивелирного хода;

- берут отсчёт по красной  $b^K$  стороне рейки, установленной в передней точке нивелирного хода;

- берут отсчёт по красной  $a^K$  стороне рейки, установленной в задней точке нивелирного хода;

Результаты измерений записывают в журнал технического нивелирования.

Не сходя со станции, вычисляют:

- два значения превышений, как разности отсчетов по задней и передней ( $h^q = a^q - b^q$ ;  $h^K = a^K - b^K$ ) рейкам, соответственно по черным и красным сторонам;

- разность пятков реек, как разности отсчетов по красной и чёрной сторонам одних и тех же реек:  $\Delta_1 = a^K - a^q$ ,  $\Delta_2 = b^K - b^q$ .

Допуск. Колебание значений разности пятков реек и превышений на станции не должно превышать 5 мм, то есть:  $|\Delta_1 - \Delta_2| = |h^K - h^Y| \leq 5 \text{ мм}$ .

Отработав одну станцию, переносят нивелир на другую станцию. Задний реечник становится передним и продолжают измерения на этой станции так же, как и на предыдущей.

Обработку результатов измерений при проложении замкнутого нивелирного хода выполняют аналогично хода, опирающегося на два твёрдых репера согласно.

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 6 ОПРЕДЕЛЕНИЕ КООРДИНАТ ПУНКТОВ СЪЕМОЧНОЙ СЕТИ

### Методические указания

Геодезические засечки – способ определения плановых координат (X, Y) пунктов съёмочных и опорных сетей по необходимому числу измеренных угловых и линейных величин. В зависимости от методики измерений и вычислений выделяют: прямую, обратную и линейную засечки. Засечки широко применяются при сгущении опорных геодезических сетей на земной поверхности (микротриангуляция) и в практике маркшейдерских работ для создания съёмочных и опорных сетей в карьерах.

Засечки представляют собой чаще всего систему треугольников с углами не менее 30° и не более 150°, со сторонами от 100 до 1000 м и более.

Координаты точки Р **прямой геодезической засечкой** рассчитываются по двум горизонтальным углам в треугольнике, измеренным между исходной стороной двух известных пунктов и направлениями на определяемую точку.

При обратной геодезической засечке, в отличие от прямой, теодолит устанавливается в искомой точке Р, на которой измеряются углы  $\alpha$  и  $\beta$  между направлениями на три пункта с известными координатами. Очевидно, что этот способ более удобен и менее трудоемок, поскольку сокращает затраты времени на переходы к опорным пунктам.

### *ПРЯМАЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ ЗАСЕЧКА*

Для решения прямой геодезической засечки **графоаналитическим способом** необходимо на план поверхности в масштабе 1:2000 (см. рис. 1) по известным координатам  $X_I, Y_I$ ;  $X_{II}, Y_{II}$ ;  $X_{III}, Y_{III}$  нанести пункты опорной сети (табл.1).

Таблица 1

Координаты пунктов опорной сети

Номера пунктов	X, м	Y, м
I	20,4+N,N	50,7+N,N
II	220,8+N,N	110,1+N,N
III	230,2+N,N	290,6+N,N
IV	200,5+ N,N	460,0+ N,N

Примечание. N – номер варианта, m (для заочников – последняя цифра шифра студенческого билета).

В соответствии с требованиями инструкции, предъявляемыми к геодезическим засечкам и приведенными выше, выбирается место заложения пункта съёмочного обоснования – точка P<sub>1</sub>.

Для расчета координат точки P<sub>1</sub> необходимо на исходных пунктах I, II, III, измерить углы r<sub>1</sub>, r<sub>2</sub> в одном треугольнике и r<sub>3</sub> и r<sub>4</sub> во втором. Дополнительно для повышения точности расчета берутся значения углов γ<sub>1</sub>, γ<sub>2</sub>. Сумма углов в треугольнике уравнивается к 180°.

Координаты пункта P<sub>1</sub> определяются решением одного треугольника по известным координатам пунктов I, II и измеренным углам r<sub>3</sub> и r<sub>4</sub>. Решение второго треугольника необходимо для контроля.

Известны несколько способов решения прямой засечки. Наиболее распространенные из них два: по формулам котангенсов измеренных углов и тангенсов дирекционных углов.

*Пример решения прямой геодезической засечки по формулам котангенсов (формулы Юнга)*

Координаты пункта P<sub>1</sub> рассчитываются по следующим формулам:

$$X_p = \frac{X_{II} \operatorname{ctg}(r_1) + X_I \operatorname{ctg}(r_2) - Y_{II} + Y_I}{\operatorname{ctg}(r_2) + \operatorname{ctg}(r_1)};$$

$$Y_p = \frac{Y_{II} \operatorname{ctg}(r_1) + Y_I \operatorname{ctg}(r_2) + X_{II} - X_I}{\operatorname{ctg}(r_2) + \operatorname{ctg}(r_1)}.$$

Из треугольника I – II – P<sub>1</sub>.

Исходные данные для вычисления координат пункта P<sub>1</sub> из треугольника I-II-P<sub>1</sub>:

Вершины	Углы, град	X, м	Y, м
II	r <sub>2</sub> = 56,3	220,800	110,100
I	r <sub>1</sub> = 71,3	20,400	50,700
P <sub>1</sub>	γ <sub>1</sub> = 52,4 Σ = 180		

$$X_p = \frac{X_{II} \operatorname{ctg}(r_1) + X_I \operatorname{ctg}(r_2) - Y_{II} + Y_I}{\operatorname{ctg}(r_2) + \operatorname{ctg}(r_1)} = 27,529 \text{ м};$$

$$Y_p = \frac{Y_{II} \operatorname{ctg}(r_1) + Y_I \operatorname{ctg}(r_2) + X_{II} - X_I}{\operatorname{ctg}(r_2) + \operatorname{ctg}(r_1)} = 269,132 \text{ м};$$

Контроль:

$$X_1 = \frac{X_{P1} \operatorname{ctg}(r_2) + X_{II} \operatorname{ctg}(\gamma_1) - Y_{P1} + Y_I}{\operatorname{ctg}(r_2) + \operatorname{ctg}(\gamma_1)} = 20,4 \text{ м};$$

$$Y_1 = \frac{Y_{P1} \operatorname{ctg}(r_2) + Y_{II} \operatorname{ctg}(\gamma_1) + X_{P1} - X_I}{\operatorname{ctg}(r_2) + \operatorname{ctg}(\gamma_1)} = 50,7 \text{ м.}$$

Из треугольника II – III – P<sub>1</sub>

Исходные данные для вычисления координат пункта P<sub>1</sub> из треугольника II – III – P<sub>1</sub>:

Вершины	Углы, град	X, м	Y, м
III	r <sub>4</sub> = 80,9	230,200	290,600
II	r <sub>3</sub> = 53,6	220,800	110,100
P <sub>1</sub>	γ <sub>2</sub> = 45,5		
	Σ = 180		

$$X_p = \frac{X_{III} \operatorname{ctg}(r_3) + X_{II} \operatorname{ctg}(r_4) + Y_{II} - Y_{III}}{\operatorname{ctg}(r_4) + \operatorname{ctg}(r_3)} = 27,550 \text{ м};$$

$$Y_p = \frac{Y_{III} \operatorname{ctg}(r_3) + Y_{II} \operatorname{ctg}(r_4) + X_{III} - X_{II}}{\operatorname{ctg}(r_4) + \operatorname{ctg}(r_3)} = 269,152 \text{ м}.$$

Из решения двух треугольников разница в координатах точки P<sub>1</sub> составляет ΔX<sub>P1</sub> = 0,029 м, ΔY<sub>P1</sub> = 0,018 м, которая не превышает 0,6 мм на плане в масштабе съемки.

Среднее значение координат точки P<sub>1</sub> из двух треугольников: X<sub>P1</sub> = 27,565 м, Y<sub>P1</sub> = 269,141 м.

Оценка точности планового положения пункта P<sub>1</sub> характеризуется среднеквадратической погрешностью относительно пунктов опорной сети, величина которой не должна превышать 0,4 мм на плане в масштабе съемки (для масштаба 1:2000 M<sub>p</sub> ≤ 0,8 м):

для треугольника I – II – P<sub>1</sub>

$$M_{P1} = \pm \frac{m''_{\beta}}{\rho''} \cdot B_1 \frac{\sqrt{\sin^2(r_2) + \sin^2(r_1)}}{\sin^2 \gamma_1} = 0,031 \text{ м};$$

для треугольника II – III – P<sub>1</sub>

$$M_{P2} = \pm \frac{m''_{\beta}}{\rho''} \cdot B_2 \frac{\sqrt{\sin^2(r_4) + \sin^2(r_3)}}{\sin^2 \gamma_2} = 0,033 \text{ м},$$

где m<sub>β</sub> – средняя квадратическая ошибка измерения углов, принимаем m<sub>β</sub> = 15";

B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> – базис прямой засечки (расстояние между пунктами опорной сети) определяется решением обратной геодезической задачи.

В результате средняя квадратическая погрешность положения пункта P<sub>1</sub> относительно пунктов опорной сети из двух треугольников составила 0,032 м и не превышает допустимой величины (0,8 м).

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 7 ТАХЕОМЕТРИЧЕСКАЯ СЪЕМКА УЧАСТКА

Тахеометрическая съёмка выполняется с целью создания топографического плана земной поверхности в масштабе 1:500 с высотой сечения рельефа горизонталями 0,25 метра. Выполняют съёмку узкой полосы - по 40 м в обе стороны от оси маршрута. Максимальное расстояние между съёмочными пикетами 20 м. Съёмке подлежат все точки контуров (точки границ угодий, лугов, лесных массивов, болот, оси дорог, пересечения с инженерными коммуникациями и др.), характерные точки рельефа (вершины холмов и их подошва, оси лощин и хребтов, перегибы рельефа на скатах, дно котловин, обнажения горных пород).

Приборы и принадлежности для выполнения съёмки:

- теодолит-тахеометр 2Т30 или 4Т30П;
- штатив для тахеометра;
- рейки нивелирные (две);
- журнал тахеометрической съёмки;
- карандаш простой (ТМ, М), резинка карандашная (ластик), линейка.

В съёмке должно быть задействовано три члена бригады с таким расчётом, чтобы этот вид работ освоил каждый.

### Программа работы на станции

1. Центрирование теодолита
2. Приведение оси вращения тахеометра в отвесное положение.
3. Измерение высоты тахеометра  $i$  (с точностью до 0,01 м).
4. Определение места нуля ( $МО$ ) вертикального круга:
  - выбрать точку местности на удалении  $\geq 100$  м так, чтобы труба при визировании на неё располагалась приблизительно горизонтально;
  - дважды, т.е. при двух положениях вертикального круга ( $KП$  и  $KЛ$ ), навести среднюю горизонтальную нить сетки нитей зрительной трубы вблизи её перекрестия на эту точку (см. Рисунок 33);
  - всякий раз взять отсчёты по вертикальному кругу  $R$  и  $L$ ;
  - вычислить значение места нуля  $МО$ .

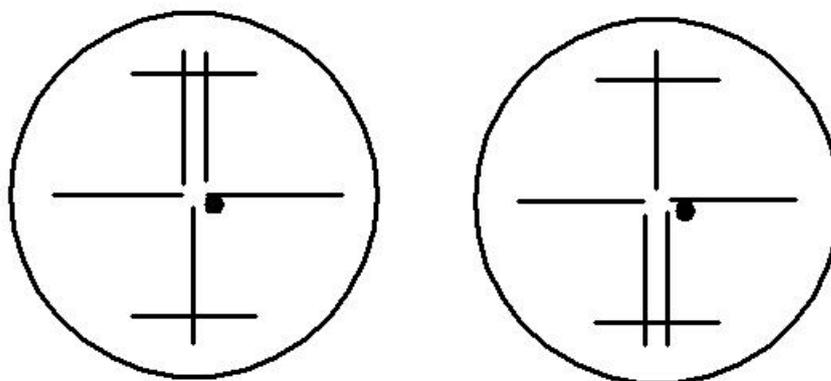


Рисунок 33 - К определению  $МО$

5. Ориентирование лимба горизонтального круга по линии местности:
  - закрепить лимб;

- открепить алидаду горизонтального круга и вращением её установить отсчёт по горизонтальному кругу приблизительно около  $0^\circ$ ;
- закрепить алидаду;
- вращением наводящего винта алидады установить точно отсчет по горизонтальному кругу  $0^\circ 00'$ ;
- открепить лимб горизонтального круга;
- приближенно, с помощью коллиматора, навести трубу на точку, расположенную на данной линии;
- закрепить лимб горизонтального круга;
- вращением наводящих винтов лимба и зрительной трубы выполнить визирование на данную точку (см. Рисунок 34).

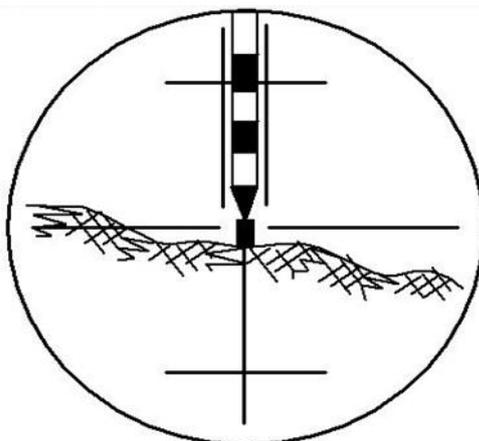


Рисунок 34 - Визирование на точки местности

*Лимб считается ориентированным по линии местности, если при визировании на точку этой линии, отсчёт по лимбу равен  $0^\circ 00'$ .*

**6. Собственно съёмка** - набор съёмочных пикетов.

*(Съёмка выполняется при положении вертикального круга слева - КЛ).*

**Съёмочный пикет** - точка местности, положение которой определяется в выбранной системе координат.

**Программа действий при наборе съёмочных пикетов:**

- 1) открепляют алидаду горизонтального круга и зрительную трубу;
- 2) наводят зрительную трубу на рейку, устанавливаемую на съёмочном пикете (см. Рисунок 34)
- 3) берут отсчёты:
  - по вертикальному кругу ( $L$ );
  - по нитяному дальномеру (дальномерное расстояние) - как разность отсчётов по дальномерным нитям ( $n, см$ );
  - по средней горизонтальной нити сетки нитей зрительной трубы - высота визирования ( $l, м$ ) с точностью до  $0,01 м$ ;
  - по горизонтальному кругу.

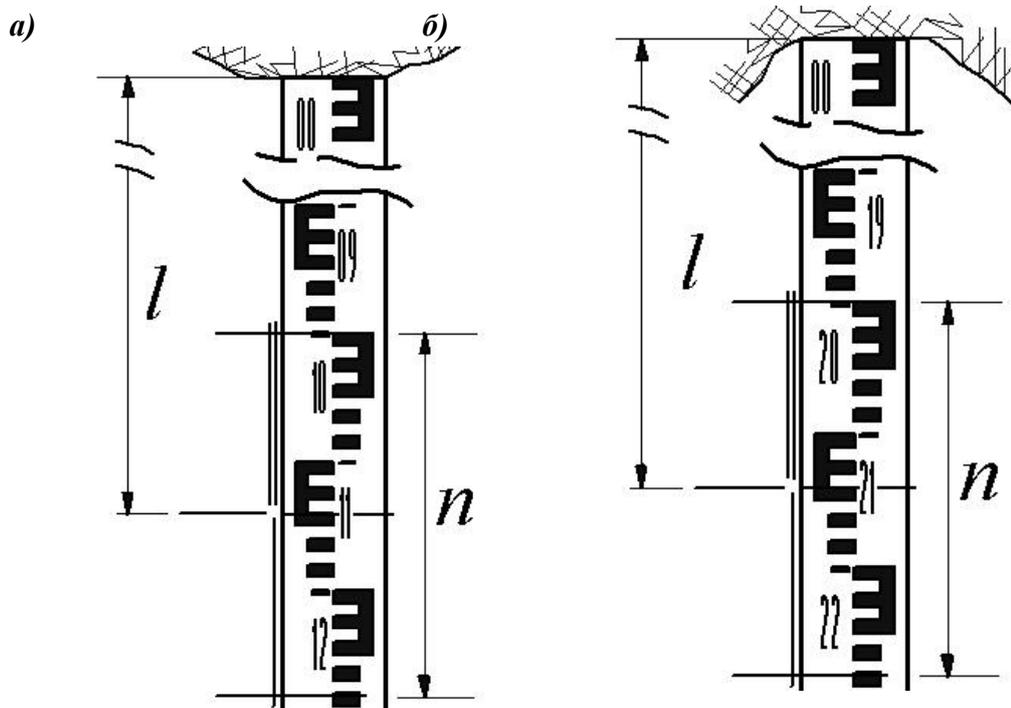


Рисунок 35 - Визирование на рейку, установленную на съёмочном пикете

а)  $n = 28,3\text{см}$ ,  $l = 1,14\text{м}$ ; б)  $n = 28,3\text{см}$ ,  $l = 2,14\text{м}$

Результаты записать в журнал.

Одновременно со съёмкой ведут абрис тахеометрической съёмки (Рисунок 36).

**Абрис - схематический чертёж местности.**

В абрисе показывают:

- съёмочную точку - точку геодезического обоснования, с которой выполняется набор съёмочных пикетов (съёмочный пикет - точка местности, положение которой определяется);
- её номер;
- линию местности, по которой ориентирован лимб горизонтального круга;
- номер и условный знак или словесное описание съёмочного пикета (бордюр, дерево, приямок, отмостка, рельеф, тропа, вид растительности и т.п.);
- направление падения ската.

Через 10 - 15 пикетов следует проверить ориентирование лимба горизонтального круга. Если отсчёт по горизонтальному кругу, при визировании на точку линии ориентирования отличается от  $0^\circ 00'$  более двух минут, съёмку пикетов выполнить заново. Перед съёмкой этих пикетов заново выполнить ориентирование лимба.

### Абрис тахеометрической съёмки

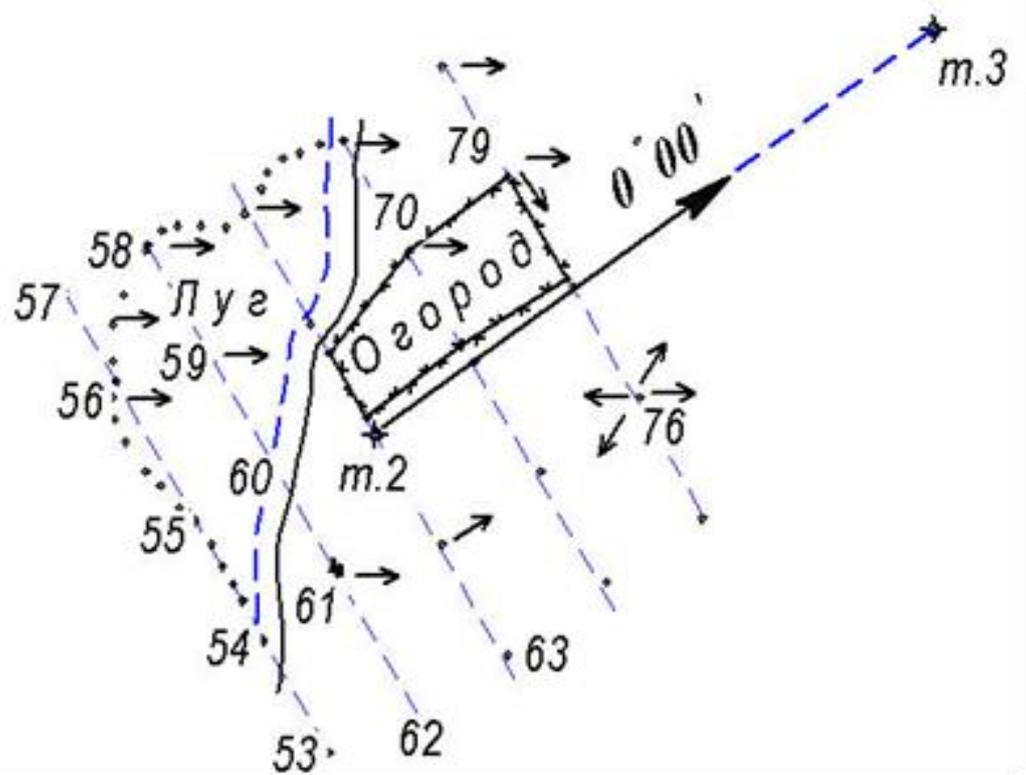


Рисунок 36 - Абрис тахеометрической съёмки

# МАРКШЕЙДЕРИЯ

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 1. ВЕРТИКАЛЬНАЯ ПЛАНИРОВКА ПРОМЫШЛЕННОЙ ПЛОЩАДКИ

### 1.1 Общее положение

Вертикальная планировка промплощадки предназначена для сглаживания естественного рельефа, придавая поверхности площадки такую форму, при которой наиболее целесообразно решать вопросы размещения сооружения, транспортных путей и стока воды. Планируемой поверхности площадки обычно придают плоскую форму, чаще горизонтальную или, реже, наклонную. Поэтому существует вертикальная планировка горизонтальной и наклонной площадки.

*При вертикальной планировке промплощадки проводят следующие разбивочные работы:*

- 1) разбивка контура промплощадки и закрепление угловых точек;
- 2) разбивка и закрепление точек строительной сетки;
- 3) определение высотных отметок  $H$  точек строительной сетки;
- 4) выбор отметки  $H_0$  проектного горизонта;
- 5) определение рабочих отметок сетки;
- 6) определение объема земляных работ;
- 7) исполнительная съемка спланированной площадки.

### 1.2 Вертикальная планировка горизонтальной промплощадки

Контур площадки разбивают в соответствии с техническим проектом, в котором даны основные размеры площадки, ее положение относительно стволов. Угловые точки контура закрепляют постоянными знаками и проводят разбивку строительной сетки.

Строительная сетка представляет собой систему точек, равномерно покрывающую поверхность планируемой площадки. Выбор системы точек зависит от рельефа поверхности, плоскости и застроенности площадки. Чаще всего выбирают квадратную или прямоугольную сетку со сторонами длиной 10 - 50 м (рис. 1.1).

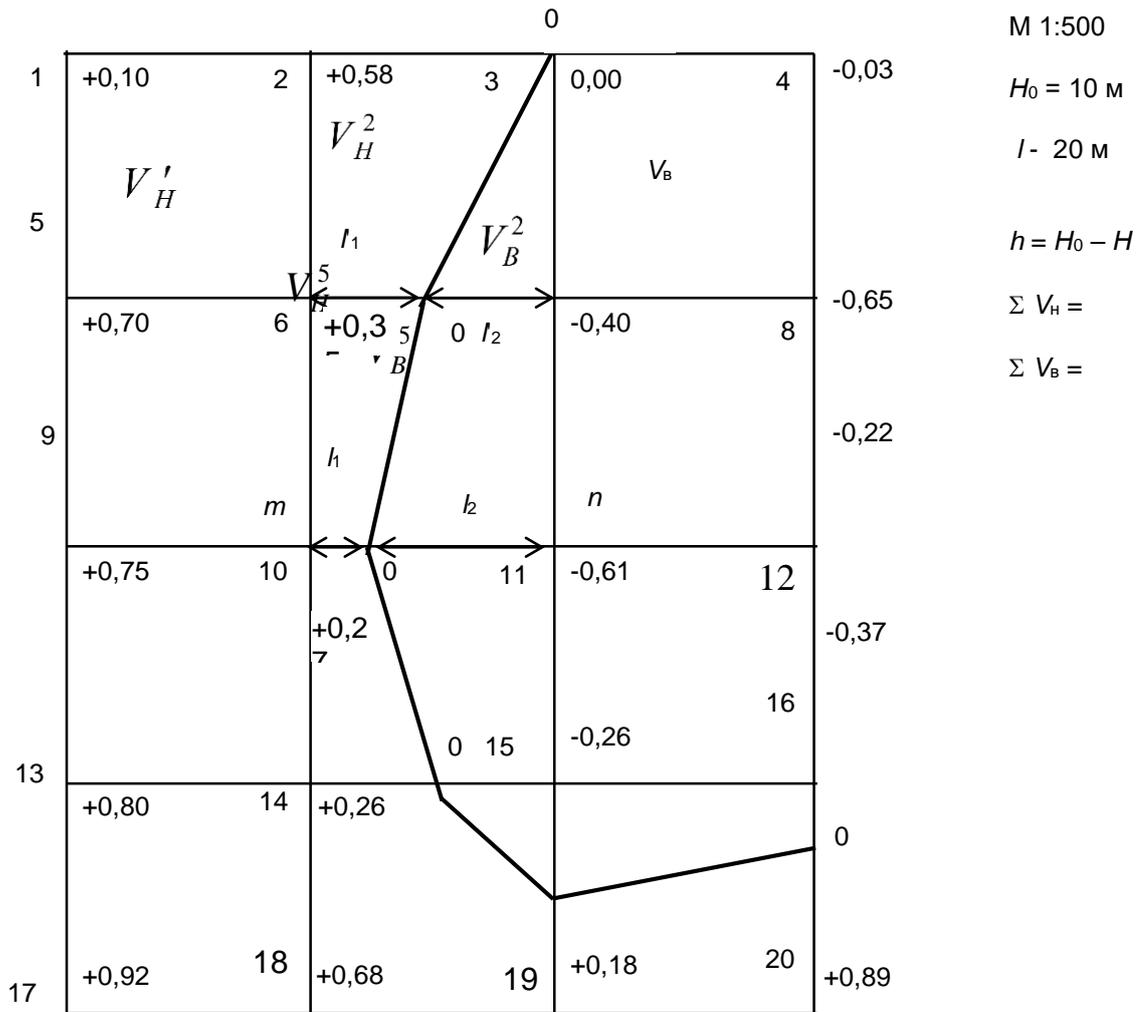


Рис. 1.1. Строительная сетка

Точки сетки закрепляют деревянными кольями со сторожками, на которых указывают номера точек и их рабочие отметки. Стороны сетки ориентируют по направлению осей ствола.

Высотные отметки  $H$  точек сетки определяют нивелированием или по плану поверхности масштабов 1:500, 1:1000 и 1:2000 с сечением рельефа через 0,5 м.

Высотная отметка  $H_0$  проектного горизонта площадки предусматривается проектом. Если отметка горизонта площадки проектом не предусмотрена, то ее численное значение определяют с учетом рельефа, добиваясь минимального объема земляных работ, при этом

$$H_0 = H_{cp} = \frac{\sum H_i}{n},$$

где  $H_i$  – высотные отметки точек вершин квадратов;  $n$  – количество точек сетки.

Если же проектируемая поверхность промплощадки есть горизонтальная плоскость с проектным горизонтом  $H_0$ , то рабочие отметки точек  $m$  и  $n$  сетки (рис. 1.2) определяют по формулам:

$$h_m = H_0 - H_m; \quad h_n = H_0 - H_n.$$

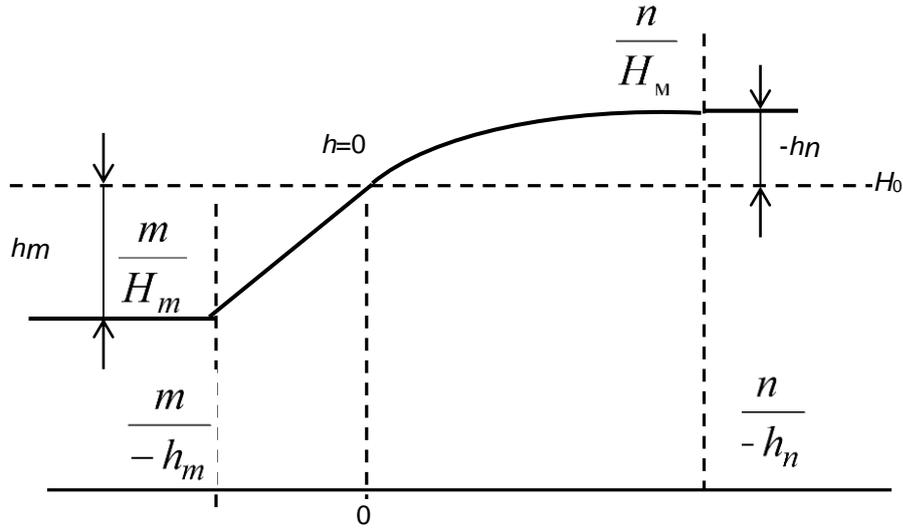


Рис. 1.2. Проектируемая поверхность промплощадки с горизонтальной плоскостью и с проектным горизонтом  $H_0$

Положительные значения рабочих отметок показывают, что в данном месте необходимо сделать подсыпку грунта, отрицательные - выемку грунта.

При определении объема работ составляют схему участка промплощадки.

На схеме (см. рис. 1.1) показывают номера точек и их рабочие отметки, по которым находят линию нулевых работ. Для этого между соседними точками с противоположными знаками численных значений рабочих отметок находят точку с нулевой отметкой (см. рис. 1.2), затем точки с нулевыми отметками соединяют и получают линию нулевых работ (см. рис. 1.1).

Положение точки нулевой отметки легко определить с помощью графика (рис. 1.3), построенного на прозрачной бумаге или вычислить аналитически по следующим формулам:

$$l_1 = \frac{|h_m| l}{|h_m| + |h_n|}; \quad l_2 = \frac{|h_n| l}{|h_m| + |h_n|},$$

где  $l$  - размер стороны квадрата, м.

Расстояние  $l_1$  откладывают от точки  $m$ , а  $l_2$  - от точки  $n$  по линии, ограниченной этими точками.

Если  $l = 20$  м;  $h_m = +0,27$  и  $h_n = -0,61$  м, то

$$l_1 = \frac{0,27 \cdot 20}{0,27 + 0,61} = 6,14 \text{ м}; \quad l_2 = \frac{0,61 \cdot 20}{0,27 + 0,61} = 13,86 \text{ м}.$$

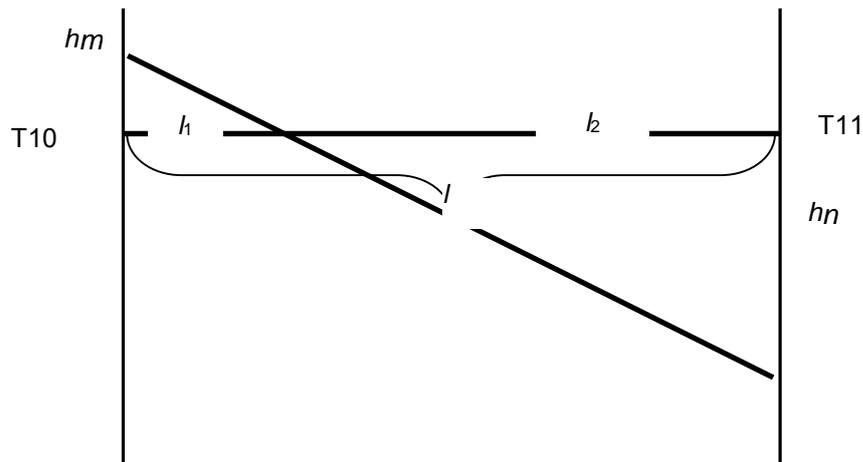


Рис. 1.3. График положения точки нулевой отметки

Объем земляных работ при планировке определяют по выемке и насыпи. Существует несколько случаев определения объема, (рис. 1.4).

**Первый случай.** В квадрате рабочие отметки имеют одинаковый знак - или "+" или "-".

Например, в квадрате 1-2-6-5 по насыпи:

$$V = \frac{1}{4} S(h_1 + h_2 + h_5 + h_6),$$

где  $S$  - площадь квадрата,  $m^2$ ;  $h_1, h_2, h_5, h_6$  - значения рабочих отметок, м, с точностью до см.

Аналогично вычисляется объем выемки, например, в квадрате 3-4-8-7.

**Второй случай.** В квадрате две рабочие отметки имеют один знак, а две другие - противоположный знак, т. е. при наличии линии нулевых работ (см. рис. 1.4).

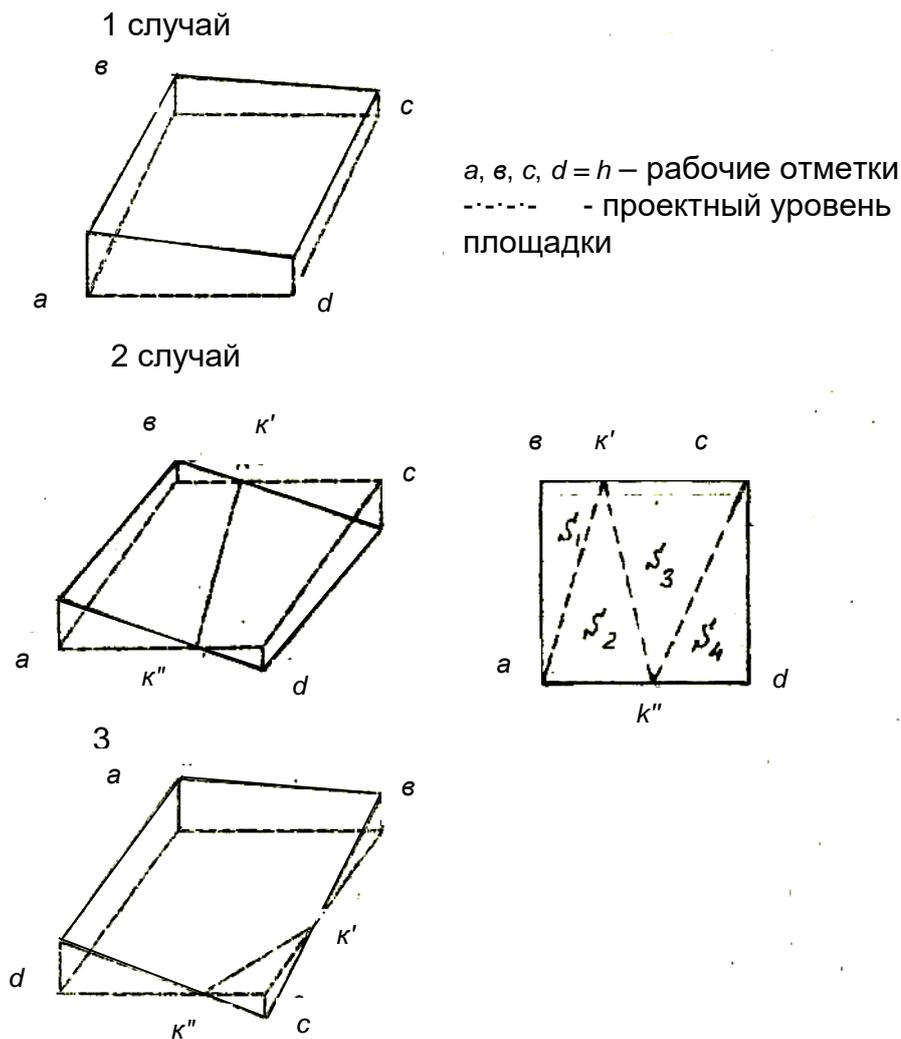


Рис. 1.4. Случаи определения объема

Например, в квадрате 6-7-11-10 (см. рис. 1.1) объем земляных работ (по насыпи и выемке) вычисляются по формулам:

$$V_H = \frac{1}{6} [S_1(2h_{10} + h_6) + S_2(h_{10} + 2h_6)];$$

$$V_B = \frac{1}{6} [S_3(2h_7 + h_{11}) + S_4(h_7 + 2h_{11})],$$

или по формулам:

$$V_H = l \frac{l_1 + l_1'}{2} \cdot \frac{h_{10} + h_6}{4};$$

$$V_B = l \frac{l_2 + l_2'}{2} \cdot \frac{h_7 + h_{11}}{4},$$

где  $l_1, l_1', l_2, l_2'$  - расстояние от соответствующих точек квадрата до линии нулевых работ;  $S_1, S_2, S_3, S_4$  - площади частей квадрата (вычисляются аналитически):

$$S_1 = \frac{1}{2}l \cdot l_1; \quad S_2 = \frac{1}{2}l \cdot l_1'; \quad S_3 = \frac{1}{2}l \cdot l_2; \quad S_4 = \frac{1}{2}l \cdot l_2'.$$

**Третий случай.** В квадрате три рабочие отметки имеют один знак, а одна - противоположный знак, например, в квадрате 18-14-15-19 (см. рис. 1.1).

В данном случае объем насыпных и выемочных работ вычисляют отдельно. Для этого определяют площади насыпи  $S_1$  и выемки  $S_2$ , умножают на средние высоты  $h_{cp}$  насыпи и выемки. Величины площадей  $S_1$  и  $S_2$  определяют разделением их на простые геометрические фигуры (треугольник и пятиугольник или другие фигуры).

Величину рабочей отметки  $h_{cp}$  в нашем случае определяют по формулам:

$$h_{cp} = \frac{h_{15}}{3} \text{ - при площади треугольной формы;}$$

$$h_{cp} = \frac{h_{18} + h_{14} + h_{19}}{5} \text{ - при площади пятиугольной формы.}$$

В данном случае расчеты объемов насыпных и выемочных работ вычисляют (см. рис. 1.4, 3-й случай):

$$V_H = S_1 \cdot \frac{h_{18} + h_{14} + h_{19}}{5};$$

$$V_B = S_2 \cdot \frac{h_{15}}{3},$$

где  $S_2$  - площадь выемки работ,  $m^2$ ;  $S_1$  - площадь насыпи работ,  $m^2$ .

В табл. 1.1 даны варианты задач на определение объема работ при планировке горизонтальной поверхности промплощадки.

Общий объем работ определяют суммированием объемов насыпи и выемки по каждому квадрату

$$\Sigma V_H = V_{H1} + V_{H2} + \dots + V_{Hn};$$

$$\Sigma V_B = V_{B1} + V_{B2} + \dots + V_{Bn}.$$

По окончании земляных работ проводится съемка промплощадки и составляется исполнительный план.

Таблица 1.1

**Высотные отметки точек строительной сетки**

Точки сетки За- дача	Высотные отметки $H$ точек, м							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	8,42	8,35	9,71	9,92	9,25	9,75	10,00	10,42
2	9,93	9,78	9,62	9,25	10,42	10,55	10,05	9,65
3	9,25	8,81	8,42	9,05	9,65	9,24	8,58	9,15
4	9,00	9,40	9,45	9,05	9,15	9,79	10,08	9,70
5	9,05	8,90	9,51	9,15	9,70	9,00	9,65	9,40
6	8,36	8,75	9,24	9,54	8,90	9,41	9,75	10,21
7	8,35	8,75	9,36	8,35	9,40	8,81	8,60	8,80
8	8,85	9,25	9,74	10,23	8,35	9,08	9,70	11,19
9	10,25	10,74	10,60	9,81	10,20	10,79	11,10	10,37
10	10,80	10,20	9,40	9,65	10,60	10,15	9,75	10,05
11	9,65	9,80	10,30	11,11	10,05	10,45	11,00	11,30
12	9,21	9,75	10,21	10,35	9,41	9,85	10,45	10,71
13	10,31	10,11	9,77	10,18	10,76	10,41	9,96	10,05
14	10,18	10,27	10,17	10,33	10,37	10,12	10,55	10,75
15	10,80	9,80	10,00	10,45	10,81	10,31	9,90	9,81
16	10,40	10,70	10,81	10,20	9,80	10,45	10,40	9,85
17	10,60	9,80	10,00	10,50	9,95	9,90	9,85	9,90
18	10,80	11,00	11,35	11,10	9,80	10,45	10,70	10,50
19	11,00	10,10	10,70	11,30	9,90	10,90	10,60	9,90
20	11,20	11,11	10,50	10,00	11,00	11,50	11,10	10,40
21	11,40	10,80	9,80	10,20	10,70	9,80	9,40	10,00
22	11,60	11,30	11,40	10,70	10,30	10,80	11,50	10,80
23	11,80	11,10	10,10	9,60	8,70	10,80	10,25	9,75
24	9,85	10,10	9,05	10,60	9,88	10,15	8,70	9,80

Продолжение таблицы 1.1

Точки сетки За- дача	Высотные отметки $H$ точек, м							
	9	10	11	12	13	14	15	16
1	9,25	9,70	10,21	10,62	8,20	9,55	10,05	10,45
2	10,62	11,12	10,63	10,15	10,45	10,92	10,76	9,95
3	10,15	9,46	8,90	9,25	9,85	9,52	9,25	9,28
4	9,25	9,78	10,51	10,18	9,28	9,65	10,37	10,62
5	10,17	9,62	9,35	9,75	10,62	9,91	10,20	10,40
6	9,48	9,85	10,30	10,85	10,37	10,50	11,00	11,30
7	9,74	9,60	9,40	9,50	9,41	9,90	10,25	10,40
8	8,29	9,00	9,45	10,00	8,91	9,40	9,71	9,80
9	10,00	10,40	10,35	11,00	10,50	9,80	9,89	9,75
10	10,20	9,60	9,75	9,80	10,50	10,20	9,80	10,2
11	10,25	10,75	11,25	11,85	9,81	10,21	10,75	11,2
12	9,48	10,13	10,71	11,21	9,14	9,97	10,68	11,16
13	11,18	10,85	10,24	9,82	11,18	11,06	10,35	9,77
14	10,63	9,80	10,43	11,17	11,45	9,76	10,21	10,83
15	11,40	10,81	10,45	9,81	10,40	11,40	10,78	10,38
16	9,95	9,85	9,30	10,50	11,10	10,30	9,70	10,2
17	9,00	9,80	9,85	10,10	10,35	9,70	10,20	10,5
18	10,00	9,85	10,26	9,95	10,35	9,70	9,60	9,42
19	11,10	10,10	9,60	10,25	10,70	9,90	9,75	9,80
20	9,80	10,70	10,70	10,35	9,70	10,20	10,18	9,85
21	10,30	9,70	9,30	9,75	10,15	9,40	8,85	9,25
22	10,15	10,60	10,90	10,50	9,80	10,25	10,40	10,12
23	9,70	10,50	9,95	9,50	9,00	10,00	10,12	9,70
24	10,90	10,20	9,15	10,50	10,15	9,10	10,20	8,50

Точки сетки За- дача	Высотные отметки $H$ точек, м							
	17	18	19	20	21	22	23	24
1	8,85	9,25	9,72	10,25	10,00	9,73	9,25	9,20
2	10,25	10,75	10,61	9,20	9,75	10,00	10,05	9,85
3	9,95	9,56	10,10	10,81	9,95	9,81	9,25	8,90
4	8,92	9,50	9,00	8,92	9,00	9,25	9,81	9,91
5	9,65	9,80	10,31	11,11	11,00	10,50	10,21	9,90
6	11,10	11,45	10,78	12,40	12,38	12,00	11,50	11,00
7	9,65	9,80	10,31	11,10	11,30	11,00	11,90	10,85
8	9,20	9,75	10,18	10,30	10,80	11,05	11,30	10,90
9	10,31	10,10	9,74	10,15	10,00	9,80	9,30	9,50
10	10,45	10,60	10,21	10,30	9,90	9,70	9,60	9,45
11	10,25	9,90	10,05	10,55	10,30	10,21	10,50	10,10
12	9,31	9,75	10,27	10,63	10,85	10,95	11,05	11,45
13	10,75	11,21	10,52	9,73	9,95	10,12	10,56	10,84
14	11,45	9,70	10,15	10,75	11,37	11,50	11,71	11,07
15	11,37	11,15	10,55	10,10	10,80	11,30	10,50	9,80
16	10,50	10,05	10,50	10,90	10,10	9,20	10,20	10,70
17	10,10	9,85	10,28	10,95	10,70	10,50	10,30	10,10
18	10,70	11,00	10,10	11,36	11,40	11,25	10,70	10,50
19	9,40	9,70	9,78	9,50	9,59	9,40	9,20	9,00
20	9,43	9,73	9,76	9,51	9,10	9,00	8,90	8,80
21	9,80	9,10	8,50	9,70	9,40	9,50	9,60	9,70
22	9,40	9,75	9,76	9,60	9,80	10,00	10,20	10,40
23	9,24	8,72	9,69	9,47	8,95	8,47	8,67	8,87
24	9,75	10,05	9,81	10,12	8,20	9,15	8,60	9,10

### 1.3. Вертикальная планировка наклонной промплощадки

При вертикальной планировке поверхности промплощадки в виде наклонной плоскости маркшейдер проводит разбивку строительной сетки с учетом данных в какой-либо точке, например "М" угла простираения  $\alpha$  поверхности, уклона  $i$  или угла наклона  $\delta$  плоскости (рис. 1.5) и определяет объем земляных работ.

Особенностью планировки поверхности промплощадки в виде наклонной плоскости является определение проектных отметок точек сетки с учетом уклона, предусмотренного проектом или выбранного в соответствии с минимумом земляных работ.

На рис. 1.5 угол простираения равен  $180^\circ$ , расстояние между точками -  $l$ , точка М имеет высотную отметку  $H_{0M}$ .

Точки 1, 2, 3 ... 20 имеют высотные отметки  $H_1, H_2, H_3 \dots H_{20}$ .

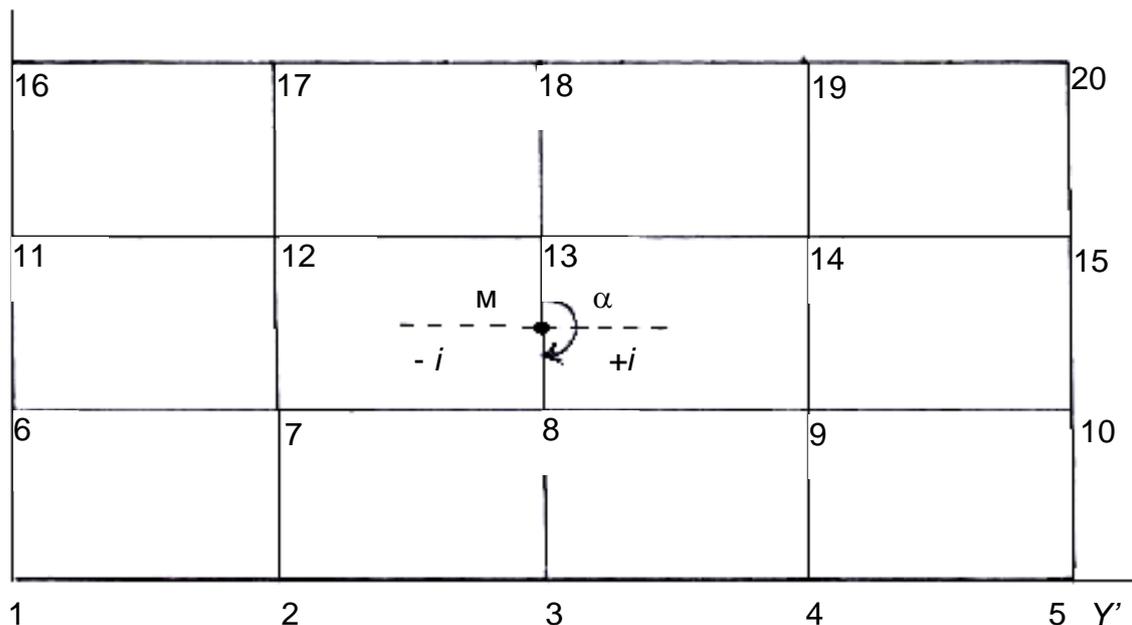


Рис. 1.5. Схема строительной сетки наклонной промплощадки

Проектные отметки точек  $H_1, H_2, H_3 \dots H_{20}$  определяют в соответствии с отметкой точки М, уклоном  $i$  и схемой сетки (см. рис. 1.5).

Для точек, находящихся на уровне отметки, равной  $H_0$ , будет:

$$H_0 = H_3 = H_8 = H_{13} = H_{18}.$$

Для точек, находящихся на уровне отметок, меньших отметки  $H_{0M}$ , будет:

$$H_2 = H_3 - l_i; H_1 = H_3 - 2l_i; H_{17} = H_{18} - l_i; H_{16} = H_{18} - 2l_i.$$

Для отметок, находящихся на уровне отметок, больших отметки  $H_{0M}$ :

$$H_4 = H_3 + l_i; H_5 = H_3 + 2l_i; H_{19} = H_{18} + l_i; H_{20} = H_{18} + 2l_i.$$

Рабочие отметки точек сетки будут:  $h = H_0 - H_1$ .

Построение линии нулевых работ и определение объема земляных работ проводится так же, как и при планировке горизонтальной промплощадки.

В табл. 1.2 даны задачи на определение объема работ наклонной промплощадки. В задачах, состоящих из 20 точек, положение точки М совмещают с одной из точек сетки по указанию преподавателя.

При решении задач необходимо:

- 1) построить план участка;
- 2) определить рабочие отметки;
- 3) построить линию нулевых работ;
- 4) определить объем работ в каждом квадрате отдельно по насыпи и выемке;
- 5) определить общий объем работ на участке.

Таблица 1.2

**Высотные отметки точек строительной сетки наклонной промплощадки**

Высотные отметки точек, м	З А Д А Ч И								
	26	27	28	29	30	31	32	33	34
1	8,85	8,76	8,31	8,72	9,31	15,01	14,30	15,00	15,09
2	9,15	9,07	9,00	8,99	9,68	15,45	14,87	15,45	15,20
3	10,00	10,05	9,95	10,05	9,99	15,96	15,70	15,96	15,71
4	10,52	10,48	10,28	10,51	8,70	15,07	15,37	15,07	15,45
5	9,76	9,79	9,75	9,38	9,07	15,73	15,87	15,32	14,91
6	9,56	9,40	9,45	9,75	8,11	14,99	15,00	14,82	14,50
7	9,51	9,32	9,30	9,60	9,78	14,60	14,20	14,60	14,80
8	10,52	10,50	10,10	10,42	9,55	14,31	14,30	14,44	14,65
9	10,73	10,70	10,50	10,73	9,88	15,07	14,90	15,31	15,05
10	9,26	9,27	9,21	9,26	9,45	15,87	15,17	15,87	15,72
11	9,83	9,80	9,45	9,87	9,25	14,60	14,60	14,62	15,85
12	8,95	8,90	8,90	8,90	10,70	14,49	14,50	14,49	14,95
13	9,73	9,75	9,55	11,71	11,05	14,79	14,81	14,78	14,45
14	9,28	9,27	9,77	9,97	9,84	15,81	15,52	15,80	14,01
15	10,04	10,05	10,00	9,75	10,05	14,07	14,17	15,63	13,95
16	11,18	11,20	11,20	10,30	10,83	14,19	14,31	14,07	13,72
17	10,63	10,47	11,05	9,99	11,07	14,28	14,75	14,28	14,07
18	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	15,00	15,00	15,00	15,00
19	9,55	9,50	9,45	9,40	9,35	15,05	15,10	15,15	15,20
20	9,00	9,10	9,20	9,30	9,40	14,95	14,90	14,85	14,80
Угол простираия	0°00'	90°00'	180°0'	270°0'	0°00'	90°00'	180°00'	270°0'	0°00'
Уклон	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,002
Масштаб	1:500	1:1000	1:500	1:1000	1:500	1:1000	1:500	1:1000	1:500
Расстоян. между точками, м	20,0	20,0	30,0	30,0	40,0	40,0	50,0	50,0	20,0

Высотные отметки точек, м	З А Д А Ч И							
	35	36	37	38	39	40	41	42
1	14,95	19,79	20,05	19,37	20,10	19,55	25,05	25,17
2	15,00	20,01	20,37	19,27	20,45	19,78	24,75	25,73
3	15,31	20,85	20,73	19,73	20,51	19,99	25,75	25,92
4	15,95	20,63	20,63	19,95	20,92	20,01	25,37	76,01
5	14,40	20,95	20,31	20,07	19,37	20,59	25,25	25,91
6	14,70	20,17	20,27	20,38	19,57	20,17	25,17	25,17
7	14,21	21,01	20,39	20,17	20,01	20,95	24,93	24,92
8	14,00	20,93	20,01	20,93	20,55	21,07	24,85	24,71
9	15,30	20,03	20,53	20,99	20,99	20,17	24,25	24,05
10	15,60	20,72	20,18	21,44	21,10	20,01	24,10	23,91
11	15,91	20,93	20,01	20,65	21,37	19,73	23,95	24,10
12	15,07	20,65	19,85	20,16	20,99	19,25	23,81	24,51
13	14,70	20,31	19,37	19,83	20,76	19,03	23,72	24,17
14	14,50	20,05	19,52	19,57	20,91	19,00	24,00	24,18
15	15,20	19,73	19,30	19,01	20,31	19,37	24,15	24,99
16	15,35	19,52	19,01	18,95	20,07	19,86	24,75	25,08
17	15,71	19,21	19,50	19,29	19,85	20,10	24,89	25,00
18	15,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	25,00	25,00
19	15,10	20,10	20,20	20,30	20,40	20,50	25,10	25,20
20	14,90	19,90	19,80	19,70	19,60	19,50	24,90	24,80
Угол простира- ния	90°00'	180°00'	270°00'	0°00'	90°00'	180°00'	270°00'	0°00'
Уклон	0,002	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,004	0,004
Масштаб	1:1000	1:500	1:1000	1:500	1:1000	1:500	1:1000	1:500
Расстоян. между точками, м	20,0	30,0	30,0	40,0	40,0	50,0	50,0	20,0

Высотные отметки точек, м	З А Д А Ч И							
	43	44	45	46	47	48	49	50
1	24,70	25,10	24,17	25,05	24,15	29,30	29,70	30,50
2	24,85	25,17	24,93	25,01	24,17	29,99	29,85	30,18
3	24,95	25,85	24,99	25,37	24,85	29,85	29,91	30,18
4	25,10	25,97	25,10	25,83	29,99	30,00	29,17	30,99
5	25,35	25,17	25,81	25,98	25,10	30,08	28,85	30,27
6	25,70	25,85	25,99	26,10	25,81	30,77	29,50	30,07
7	25,85	25,10	26,01	25,81	25,92	30,98	29,90	29,85
8	24,91	25,00	25,37	25,78	25,77	30,25	29,99	29,81
9	24,37	25,01	25,18	25,61	25,17	30,71	30,01	29,63
10	24,19	21,10	25,01	25,01	24,92	30,99	30,18	29,26
11	24,00	25,40	25,18	25,10	24,17	31,11	30,78	29,00
12	23,95	24,90	24,82	24,91	24,00	31,83	30,52	29,37
13	25,10	25,01	24,37	24,82	24,17	31,52	30,21	29,42
14	25,25	25,37	24,08	24,71	24,85	30,10	30,99	29,52
15	25,37	25,80	23,95	25,15	24,91	30,75	30,77	29,17
16	25,75	26,17	23,81	25,19	24,99	30,27	30,25	29,97
17	25,92	25,80	24,18	25,71	25,17	30,18	30,81	30,18
18	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	30,00	30,00	30,00
19	25,10	25,20	25,30	25,40	25,50	29,90	29,80	29,70
20	24,90	24,80	24,70	24,60	24,50	29,80	29,70	29,60
Угол простираия	90°00'	180°00'	270°00'	0°00'	90°00'	180°00'	270°00'	0°00'
Уклон	0,001	0,004	0,004	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
Масштаб	1:1000	1:500	1:1000	1:500	1:1000	1:500	1:1000	1:500
Расстоян. между точками, м	20,0	30,0	30,0	40,0	40,0	50,0	50,0	20,0

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 2. ПОДГОТОВКА ДАННЫХ ДЛЯ ВЫНОСА ЦЕНТРА И СТРОИТЕЛЬНЫХ ОСЕЙ ГОРНОЙ ВЫРАБОТКИ С ПРОЕКТА В НАТУРУ

### 2.1. Общие положения

Определение и обозначение на местности точек, координаты которых заданы в проекте, является одной из наиболее часто встречающихся задач маркшейдерской службы.

Решение задачи рассмотрим на примере подготовки данных для выноса центра и строительных осей шахтного ствола, проходка которого должна быть осуществлена при условии соединения с подземной горной выработкой (рис. 2.1).

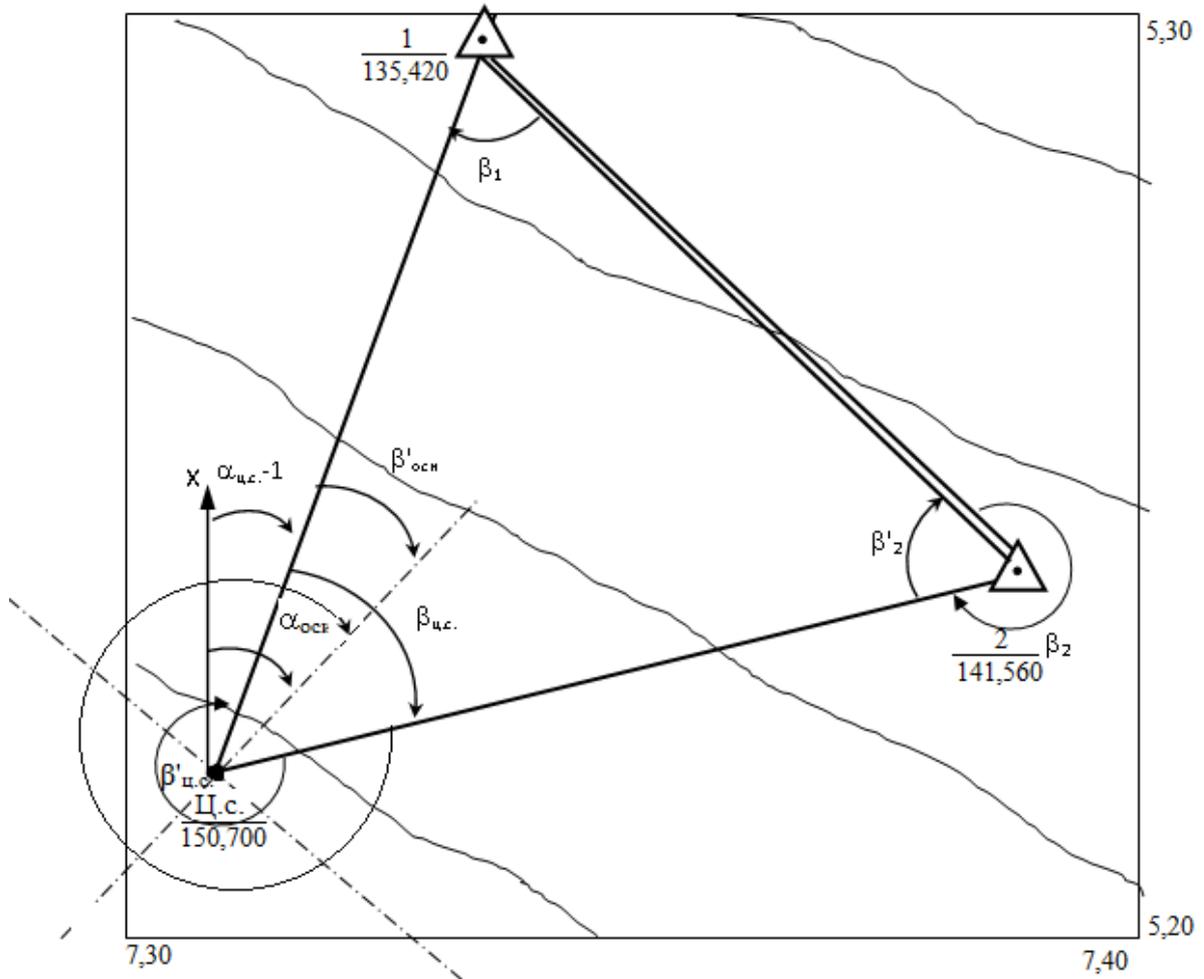


Рис. 2.1. План разбивки центра вентиляционного ствола и строительных осей

На поверхности, вблизи закладываемого шахтного ствола, имеются пункты 1, 2 опорной сети, координаты которых  $X_I, Y_I, Z_I; X_{II}, Y_{II}, Z_{II}$ . В проекте даны координаты центра ствола  $X_{ц.с.}, Y_{ц.с.}, Z_{ц.с.}$  и дирекционный угол главной оси (табл. 2.1).

Таблица 2.1

**Исходные данные координат пунктов центра ствола  
и дирекционного угла главной оси ствола шахты**

Пункты	Координаты, м			Дирекционный угол оси ствола, $\alpha_{MN}$
	X	Y	Z	
1	5298,475	7330,726	135,420	45°30'00"
2	5230,045	7387,521	141,560	
Ц. с.	5210,020	7305,080	150,700	

Для того, чтобы задание было индивидуальным, необходимо, согласно своих инициалов, в координаты устья ствола вести поправки, которые даны в табл. 2.2.

Решение задачи сводится к определению разбивочных элементов горизонтальных углов  $\beta_1, \beta_2, \beta_{ц.с.}, \beta'_2$  и  $\beta'_{оси}, \beta''_{оси}$ , горизонтальных проложений  $l_1, l_2$ , а затем наклонных длин -  $L_{H1}, L_{H2}$ .

**2.2. Порядок выполнения работы**

1. Составить план в масштабе 1: 1000 и по координатам нанести на него маркшейдерские пункты опорной сети, центр ствола, его главной оси и рельеф (см. рис. 2.1).

2. По координатам пунктов вычислить дирекционные направления линий и горизонтальное проложение между двумя пунктами, используя обратную геодезическую задачу.

Вычисления могут быть выполнены с помощью ЭВМ и логарифмических таблиц.

Методику расчета дирекционного направления и горизонтального проложения рассмотрим для линии 1 - ц.с.

Таблица 2.2

**Поправки в координаты центра и дирекционный угол  
главной оси ствола**

№ п/п	Алфавит	Ф	И	О	Ф	Примечание
		$\Delta X, \text{ м}$	$\Delta Y, \text{ м}$	$\Delta Z, \text{ м}$	$\Delta \alpha^\circ$	
1	А	-1	+7	-3	1	Ф - фамилия И - имя О - отчество  Например: студент Денисов Н. С. получает поправки: $\Delta X = -5 \text{ м}$ , $\Delta Y = +10 \text{ м}$ , $\Delta Z = +2 \text{ м}$ , $\Delta \alpha = 5^\circ$ . Координаты центра ствола будут: $x = 5205,020$ , $y = 7315,080$ , $z = 152,700$ . Дирекционный угол оси ствола будет: $\alpha = 50^\circ 30'$
2	Б	-2	+8	+1	2	
3	В	-3	+9	-1	3	
4	Г	-4	+6	+2	4	
5	Д	-5	+5	+3	5	
6	Е	-6	+4	-3	6	
7	Ё	-7	+30	-2	7	
8	Ж	-8	+4	-1	8	
9	З	-9	+5	+1	9	
10	И	-10	+6	+2	10	
11	К	-11	+7	+3	11	
12	Л	-12	+8	+4	12	
13	М	-13	+9	-4	13	
14	Н	-14	+10	-3	14	
15	О	-15	+11	-2	15	
16	П	+15	-11	-1	16	
17	Р	+14	-10	+1	17	
18	С	+13	-9	+2	18	
19	Т	+12	-8	+3	19	
20	У	+11	-7	+4	20	
21	Ф	+10	-6	+3	21	
22	Х	+9	-5	+2	22	
23	Ц	+8	-4	+1	23	
24	Ч	+7	-3	-1	24	
25	Ш	+6	-2	-2	25	
26	Щ	+5	-1	-3	26	
27	Э	+4	+10	-4	27	
28	Ю	+3	+20	-3	28	
29	Я	+2	+3	-2	29	

Через тригонометрические функции:

$$\operatorname{tgr}_{(I-\text{п.с.})} = \frac{Y_{\text{ц.с.}} - Y_I}{X_{\text{ц.с.}} - X_I} = \frac{\Delta Y}{\Delta X}$$

По знакам приращений  $\Delta Y$  и  $\Delta X$  определяется, в какой четверти находится румб ( $r$ ) (рис. 2.2) и, соответственно, вычисляется дирекционный угол этой линии.

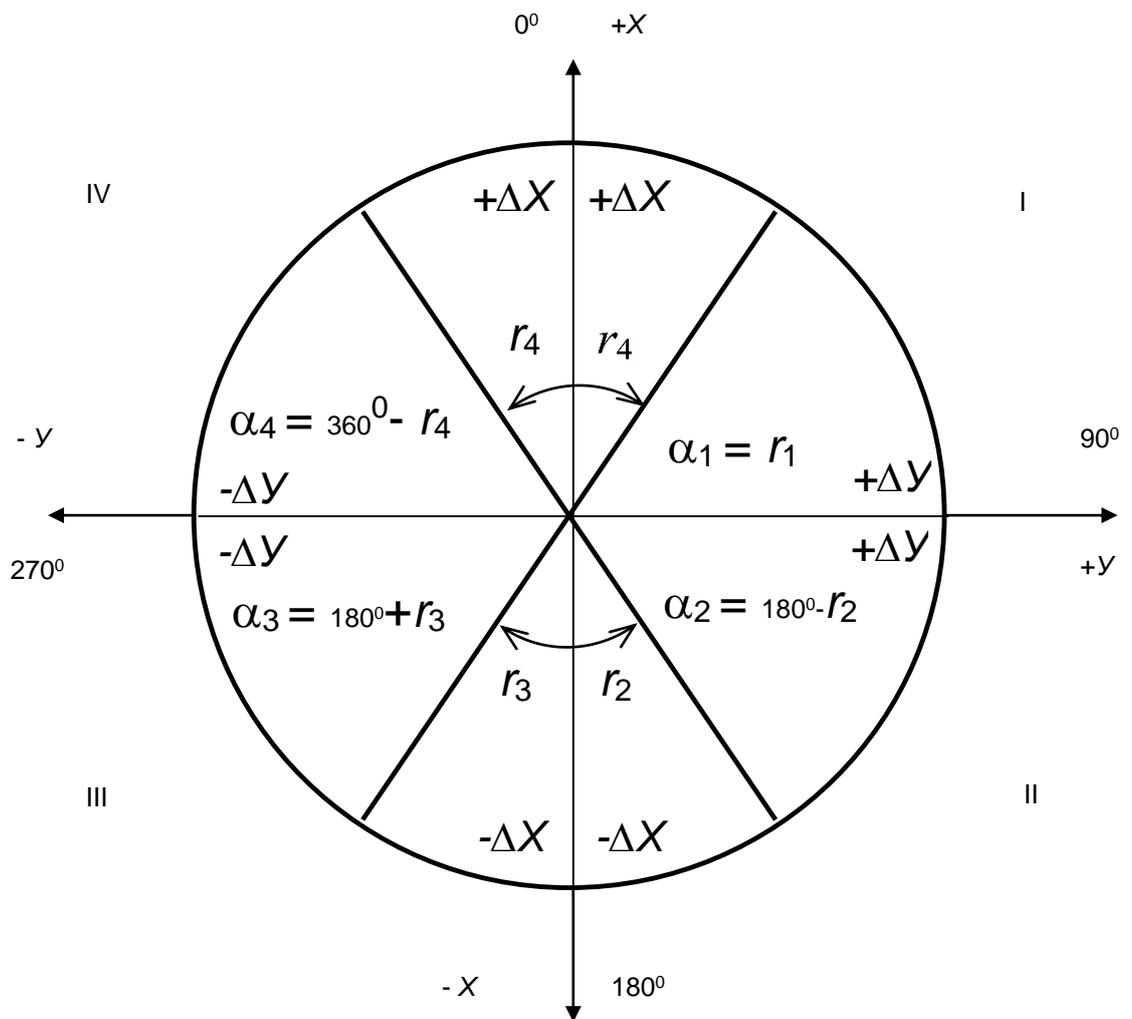


Рис. 2.2. Схема для определения дирекционных углов

Так, например, для направления 1 - ц.с.:

$$\alpha_{1-ц.с.} = 180^\circ + r_{(1-ц.с.)}$$

Аналогично вычисляются дирекционные углы линий (2-ц.с.), (1-2).

3. По разности дирекционных углов линий определить горизонтальные углы  $\beta_1, \beta_2', \beta_3$ , которые необходимо отложить в натуре. Так, например,  $\beta_1 = \alpha_{1-ц.с.} - \alpha_{1-2}$ . Контролем вычисления углов является уравнение:

$$\beta_1 + \beta_2' + \beta_{ц.с.} = 180^\circ$$

4. Определить горизонтальное проложение линии 1-ц.с.

$$l_{(1-ц.с.)} = \frac{Y_{ц.с.} - Y_I}{\sin r_{(I-ц.с.)}} = \frac{X_{ц.с.-} - X_I}{\cos r_{(I-ц.с.)}}$$

Расхождение в длине линии, вычисленной через  $\sin r$  и  $\cos r$ , допускается 10 мм.

5. Определить наклонную длину линии 1 - ц.с.

По абсолютным отметкам  $z$  пунктов данной линии и по ее горизонтальному проложению  $l$  определяют наклонную длину  $L_H$  (рис. 2.3).

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{\Delta z}{l}; \quad L_H = \frac{l}{\cos \delta},$$

где  $\delta$  - угол наклона линии, град.

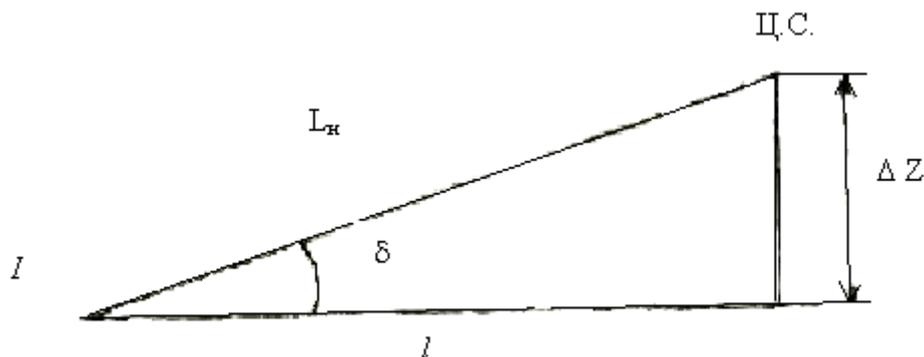


Рис. 2.3. Схема для определения наклонной длины линии

$$\delta = \operatorname{arctg} \frac{\Delta z}{l},$$

где  $\Delta z$  - разность высотных отметок концов определяемой линии.

Или

$$L_H = \sqrt{(Y_{\text{ц.с.}} - Y_1)^2 + (X_{\text{ц.с.}} - X_1)^2 + (Z_{\text{ц.с.}} - Z_1)^2}.$$

6. После окончания всех вычислений вычерчивается план (см. рис. 2.1), на который наносятся по заданным координатам маркшейдерские пункты, центр и оси ствола.

Рекомендуется на этом же чертеже, в пределах точности графических построений, проконтролировать правильность вычислений  $l_1, l_2$  (при помощи масштабной линейки) и разбивочных углов  $\beta_1, \beta_2', \beta'_{\text{ц.с.}}$  (транспортиром), а также  $\beta_{\text{оси}}, \beta_{\text{оси}}''$ .

7. Дать описание методики выноса центра ствола и осей на местность и оценку точности.

### 2.3 Оценка точности выноса в натуру центра сооружения

#### Способ угловой засечки

$$m_{\text{ц.с.}} = \sqrt{m_{\text{и}}^2 + m_3^2 + m_{\text{ц.р.}}^2 + m_{\text{ф}}^2},$$

где  $m_{\text{и}}$  - ошибка исходных данных базиса;  $m_{\text{ц.р.}}$  - ошибка центрирования теодолита и редукции визирования точки (цели);  $m_3$  - ошибка собственной засечки;  $m_{\text{ф}}$  - ошибка фиксирования точки ( $m_{\text{ф}} = 0,002$  м).

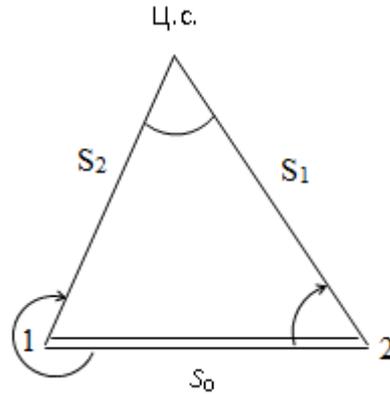


Рис. 2.4. Способ угловой засечки

Ошибка исходных данных базиса рассчитывается по формуле при  $S_{1-ц.с.} \approx S_{2-ц.с.}$

$$m_{и} = \frac{S_0 \cdot \sin \beta_{II}}{\sin \beta_{III}} \sqrt{\left(\frac{m_{S_0}}{S_0}\right)^2 + \left(\frac{m_{\alpha}}{\rho''}\right)^2} = S_{II-ц.с.} \sqrt{\left(\frac{m_{S_0}}{S_0}\right)^2 + \left(\frac{m_{\alpha}}{\rho}\right)^2},$$

где  $m_{\alpha}$  - ошибка определения дирекционного угла базиса;  $S_0$  - длина базиса;  $m_{S_0}$  - ошибка определения длин базиса.

При определении длины базиса рулеткой

$$m_{S_0} = \sqrt{\mu^2 \cdot S_0 + \lambda^2 \cdot S_0^2},$$

где  $\mu$  - коэффициент случайного влияния ( $\mu = 0,0005$ );  $\lambda$  - коэффициент систематического влияния ( $\lambda = 0,00005$ ).

При использовании светодальномера или тахеометра

$$m_{S_0} = a + v \cdot S_0 \cdot 10^{-6},$$

где  $a$  - инструментальная ошибка и ошибка наблюдения ( $a = 1,5$ );  $v$  - коэффициент, учитывающий влияние ошибок, зависящих от величины измеряемого расстояния.

Ошибка собственной засечки

$$m_3 = \frac{m_{\beta} \cdot S_0}{\rho''} \sqrt{\frac{\sin^2 \beta_{II} + \sin^2 \beta_{I}}{\sin^4 \beta_{III}}} = \sqrt{S_{I-ц.с.}^2 + S_{II-ц.с.}^2} \cdot \frac{m_{\beta}}{\rho'' \cdot \sin \beta_{III}},$$

где  $m_{\beta}$  - ошибка отложения горизонтального угла (для теодолитов типа Т5  $m_{\beta} = 5'$ ).

Ошибка центрирования теодолита и редукции визирования точки (цели) на местности определяется по формуле

$$m_{ц.р.} = \frac{e}{\sin^2 \beta_{III}} \sqrt{\sin^2 \beta_{I} + \sin^2 \beta_{II}} = \frac{e}{S_0 \sin \beta_{III}} \sqrt{S_I^2 + S_{II}^2},$$

где  $e$  - ошибка центрирования инструмента и центрирования точки (цели),  $e = 0,001$  м.

### Способ линейной ошибки

$$m_{\text{ц.с.}} = \sqrt{m_{\text{и}}^2 + m_{\text{с}}^2 \frac{S_{\text{I}} \cdot S_{\text{II}}}{\sqrt{2p(p - S_{\text{II}})(p - S_{\text{I}})(p - S_0)}}} + m_{\text{ф}}^2,$$

где  $p$  – полупериметр

$$p = \frac{S_{\text{I}} + S_{\text{II}} + S_0}{2}.$$

$$m_{\text{р}} = \sqrt{m_{\text{и}}^2 + 2m_{\text{с}}^2 \frac{1}{\sin^2 \gamma} + m_{\text{р}}^2}$$

$$m_{\text{р}} = \sqrt{m_{\text{и}}^2 + 2m_{\text{с}}^2 + m_{\text{р}}^2} \quad \text{при } \gamma = 90^\circ$$

### Практическая работа 3.

#### КАМЕРАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОРИЕНТИРОВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ СЪЕМОК ЧЕРЕЗ ДВА ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТВОЛА

Задание: Провести камеральную обработку результатов геометрического ориентирования подземных съемок через два вертикальных ствола.

Необходимые инструменты и приборы: Инженерные калькуляторы и формуляры.

Методические рекомендации: Соединительная съемка через два вертикальных ствола возможна, когда между стволами пройдены горные выработки. По выработкам прокладывают теодолитный ход, геометрическую связь которого со съемками на поверхности устанавливают при помощи отвесов. Задача ориентирования через два ствола заключается в определении дирекционных углов сторон и координат всех точек теодолитного хода, пройденного по подземным выработкам между стволами.

Схема ориентирования через два ствола показана на рисунке 19 В стволы А и В опускают по одному отвесу. На поверхности от пунктов опорной сети производят съемку с целью определения координат отвесов. Эта съемка может быть выполнена прокладкой теодолитного хода от одного пункта опорной сети к стволам или от двух пунктов опорной сети, расположенных вблизи стволов. В последнем случае оба пункта, используемые для определения координат отвесов, должны быть пунктами одной и той же опорной сети. В том и другом случае координаты отвесов определяются методом полигонометрии точности 1 : 8000.

В шахте между стволами прокладывают теодолитный ход первого разряда. При наличии сложной системы околоствольных выработок для прокладки теодолитного хода выбирают выработки, по которым можно было бы проложить ход, более вытянутый по направлению створа отвесов и наименьшей протяженности.

Таким образом, при ориентировании через два ствола выполняют:

- 1) проектирование точек с поверхности в шахту с помощью отвесов;
- 2) съемки на поверхности с целью определения координат отвесов (примыкание на поверхности);
- 3) съемки в шахте с целью определения координат точек теодолитного хода

(примыкание в шахте).

При производстве съемки на поверхности измеряют углы:  $C, I, II, 'C,$  и  $III$ ; длины:  $sI, sII, sA, sIII, sB$ . При прокладке подземного теодолитного хода (соединительного полигона) между стволами измеряют углы:  $1, 2, \dots, n-1$  и длины:  $s_1, s_2, s_3, \dots, s_n$ .

Для решения задачи проектирования используют отвесы. Спуск и закрепление отвесов производятся аналогичным способом с соблюдением требований и правил безопасности, как и при ориентировании через один вертикальный ствол.

Выше указывалось, что точность решения задачи проектирования существенно зависит от расстояния между отвесами. С увеличением расстояния точность решения задачи повышается.

При ориентировании через два ствола расстояние между отвесами достигает нескольких сотен метров и поэтому угловая ошибка проектирования, будет сравнительно малой. Это обстоятельство позволяет при решении задачи проектирования в данном случае ограничиться проектированием по способу неподвижного отвеса и лишь при расстоянии между отвесами, меньшем 50 м, прибегать к проектированию с колеблющимся отвесом с использованием шкал.

Таким образом, при ориентировании через два ствола решение задачи проектирования имеет второстепенное значение. Это указывает на важное преимущество ориентировки через два ствола, по сравнению с ориентировкой через один вертикальный ствол.

Вторым важным преимуществом данного способа ориентировки является спуск в ствол одного отвеса вместо двух при ориентировке через один ствол. Время, затрачиваемое на проектирование и примыкание в данном случае, резко сокращается со значительно меньшей трудоемкостью работ.

Работы должны быть организованы таким образом, чтобы основная часть теодолитных ходов на поверхности и в шахте была пройдена до спуска отвесов. Отвесы опускают последовательно. Опустив отвес А, решают задачу примыкания (измеряют угол при точке II и расстояние  $s_A = IA-II$  на поверхности). Затем опускают отвес В и производят аналогичные измерения (угол при точке I и расстояние  $sI$  в шахте). Вычисление ориентировки через два ствола производится в следующей последовательности:

1. Вычисляют координаты отвесов А и В из съемки на поверхности:

$$y_A = y_C + s_1 \sin \alpha_{CI} + s_{II} \sin \alpha_{I-II} + s_A \sin \alpha_{IIA};$$

$$x_A = x_C + s_1 \cos \alpha_{CI} + s_{II} \cos \alpha_{I-II} + s_A \cos \alpha_{IIA};$$

$$y_B = y_C + s_{III} \sin \alpha_{CIII} + s_B \sin \alpha_{III-B};$$

$$x_B = x_C + s_{III} \cos \alpha_{CIII} + s_B \cos \alpha_{III-B}$$

где дирекционные углы сторон хода вычисляют по известному дирекционному углу DC исходной стороны и измеренным углам на поверхности.

2. Вычисляют дирекционный угол АВ линии, соединяющей отвесы и ее горизонтальное проложение L:



$$\left. \begin{aligned} \alpha_1 &= \alpha'_1 + \Delta\alpha; \\ \alpha_2 &= \alpha'_2 + \Delta\alpha; \\ \alpha_3 &= \alpha'_3 + \Delta\alpha; \\ &\dots\dots\dots \\ &\dots\dots\dots \end{aligned} \right\}$$

7. Вычисляют приращения координат точек соединительного (подземного) полигона в системе координат поверхности и определяют невязки в приращениях координат:

$$f_y = \sum \Delta y - \overline{y_B - y_A}; \quad f_x = \sum \Delta x - \overline{x_B - x_A}.$$

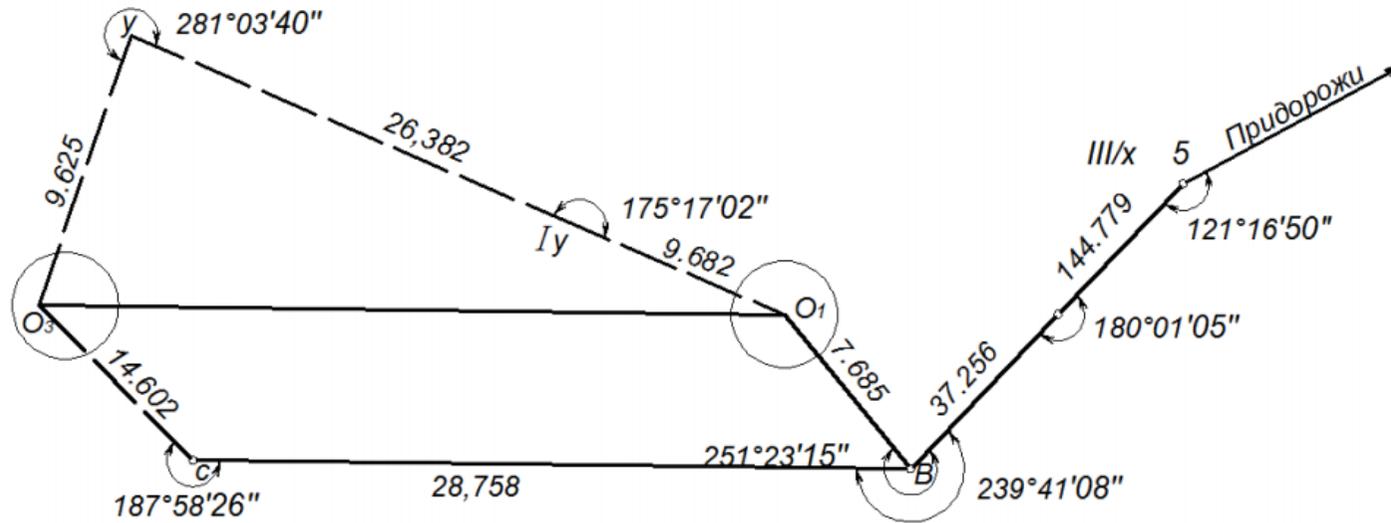
8. Распределяют невязки  $f_y$  и  $f_x$  с обратным знаком пропорционально длинам сторон и вычисляют окончательные координаты точек соединительного полигона в системе координат поверхности.

$$y_B = y_A + s_1 \sin \alpha_1 + s_2 \sin \alpha_2 + \dots + s_n \sin \alpha_n;$$

$$x_B = x_A + s_1 \cos \alpha_1 + s_2 \cos \alpha_2 + \dots + s_n \cos \alpha_n.$$

### Вариант №1

Вычислить ориентировку подземных выработок через два ствола



Исходные данные: (Придорожный – ш/х-5) = 207°45'36"

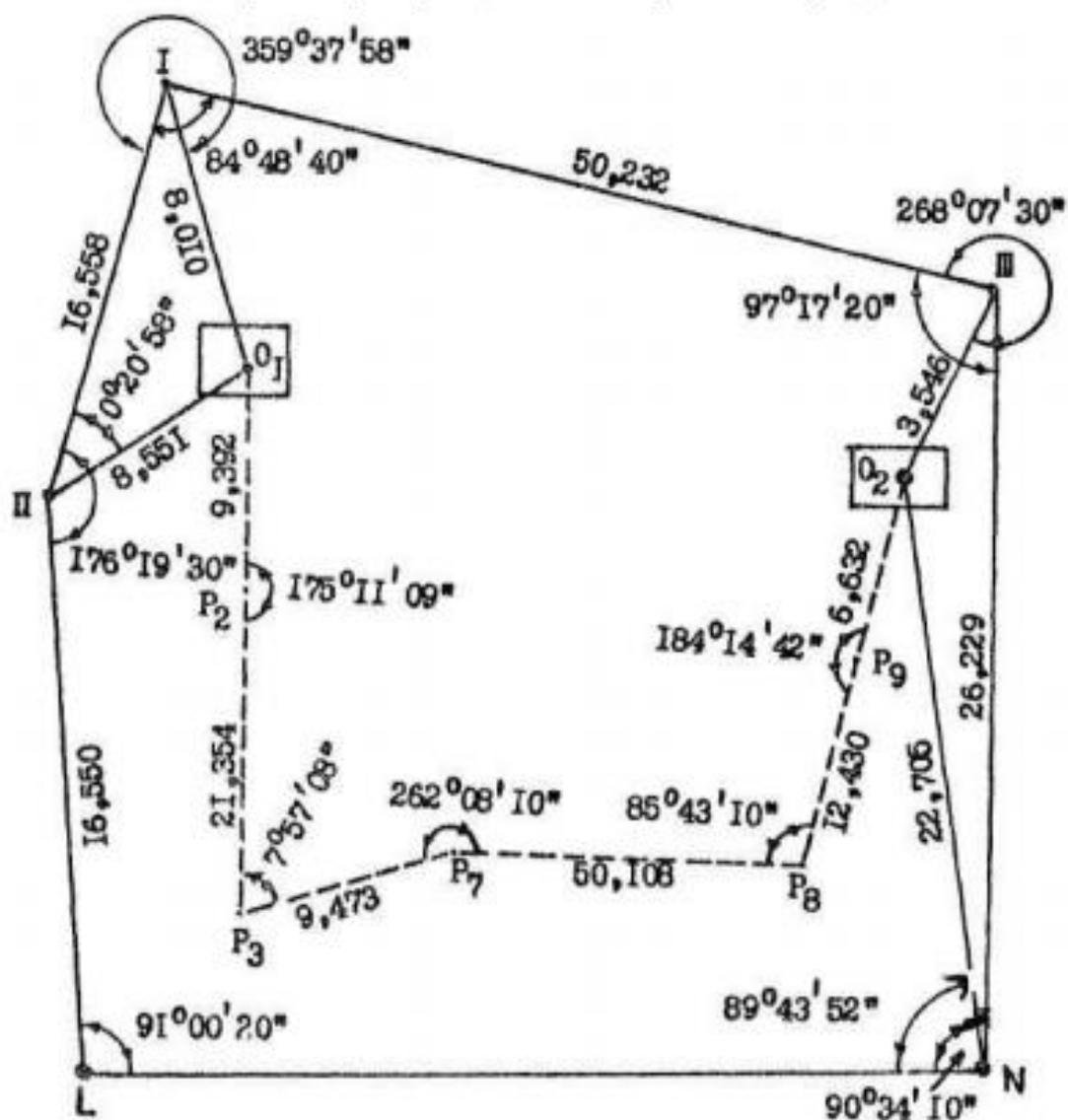
$X_{ш/х-5} = +1200,000$  м

$Y_{ш/х-5} = +1200,000$  м

— съемки на поверхности  
 - - - съемки в подземных выработках

### Вариант №26

Вычислить ориентировку подземных выработок через два ствола



Исходные данные: (LN) = 319°59'33"

$X_L = +1962,613$  м

$X_N = +2000,894$  м

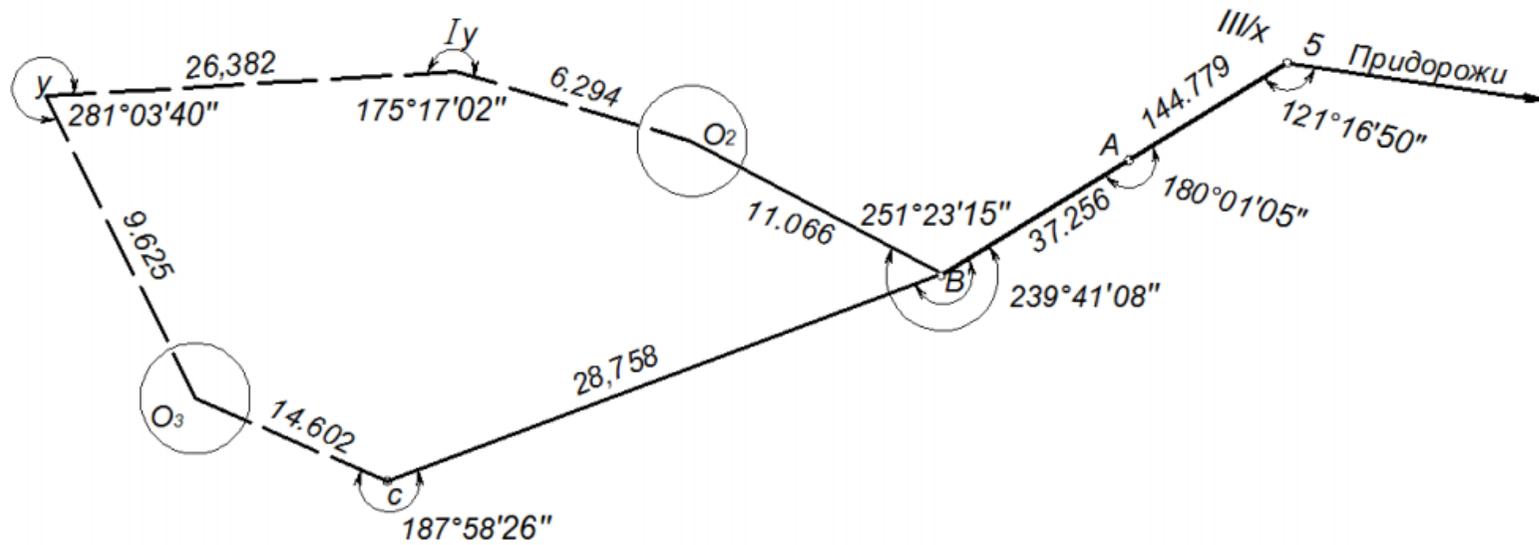
$Y_L = +7153,444$  м

$Y_N = +7121,312$  м

\_\_\_\_\_ съемки на поверхности  
 - - - - - съемки в подземных выработках

**Вариант №2**

Вычислить ориентировку подземных выработок через два ствола

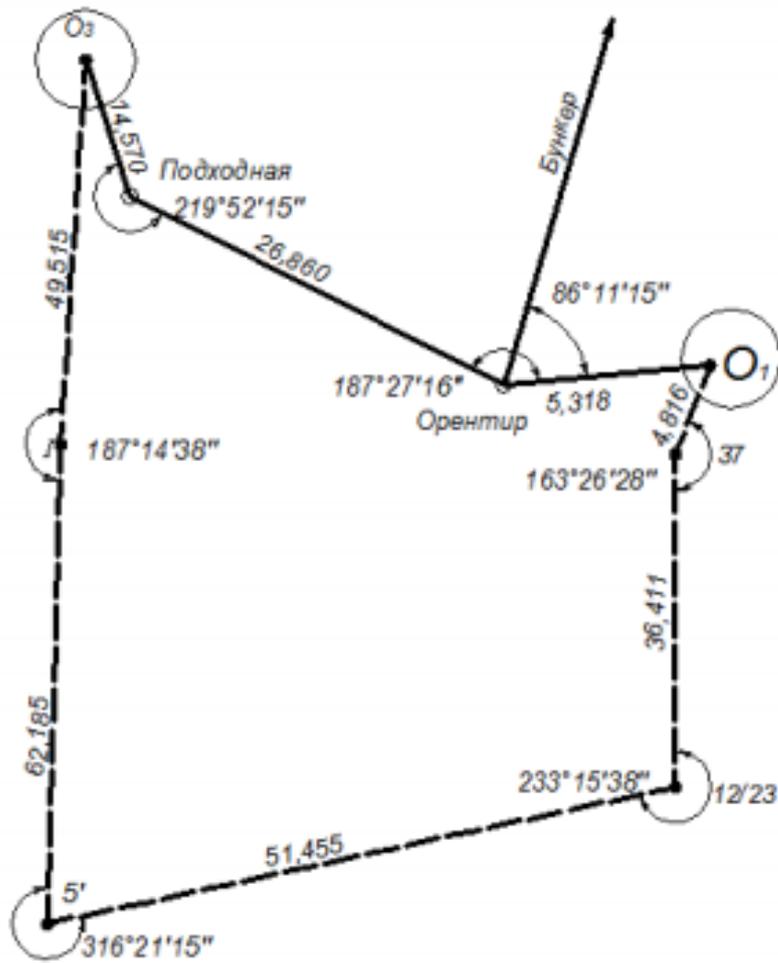


Исходные данные: (ш/х-5 - Придорожный) = 27°45'36"  
 $X_{ш/х-5} = +1200,000$  м  
 $Y_{ш/х-5} = +1200,000$  м

————— съемки на поверхности  
 - - - - - съемки в подземных выработках

**Вариант №4**

Вычислить ориентировку подземных выработок через два ствола

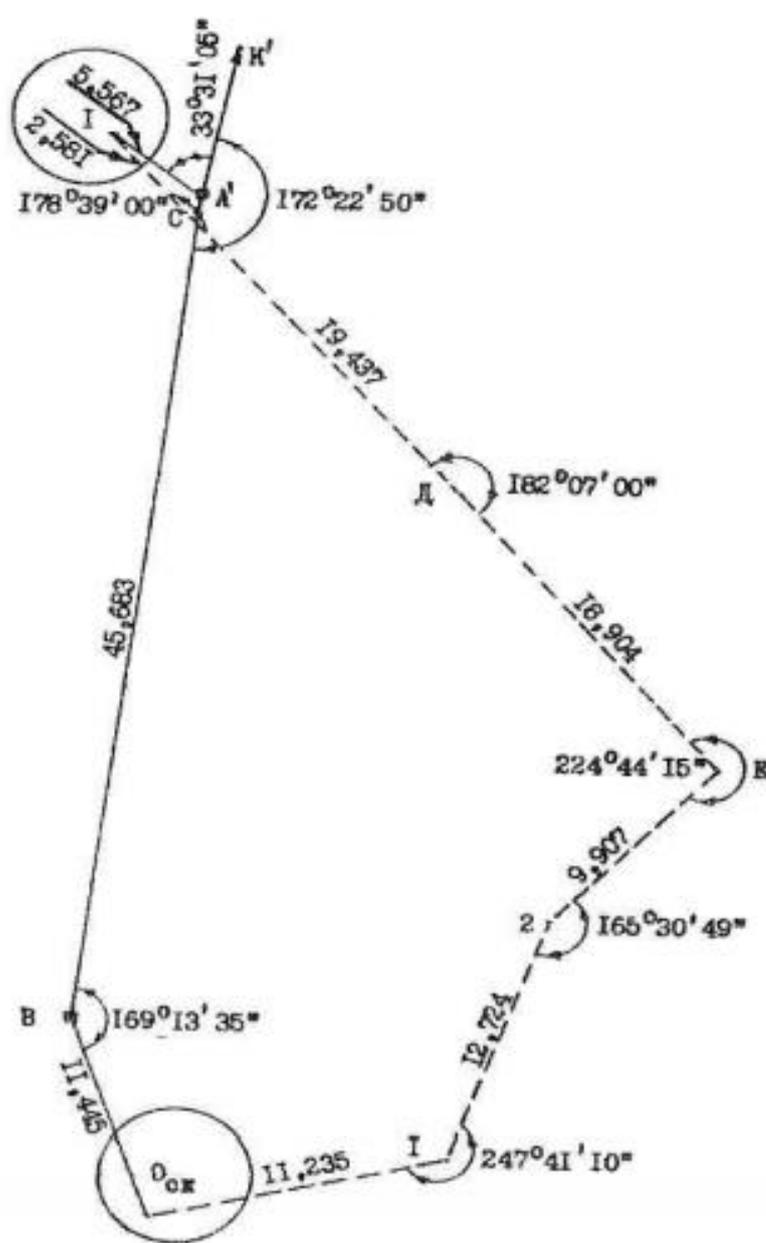


Исходные данные: (Ориентир-Бункер) =  $5^{\circ}16'58''$

$X_{ор.} = +1200,000$  м

$Y_{ор.} = +1200,000$  м

————— съемки на поверхности  
 - - - - - съемки в подземных выработках



Исходные данные:  $(A' - K') = 00^{\circ}00'00''$

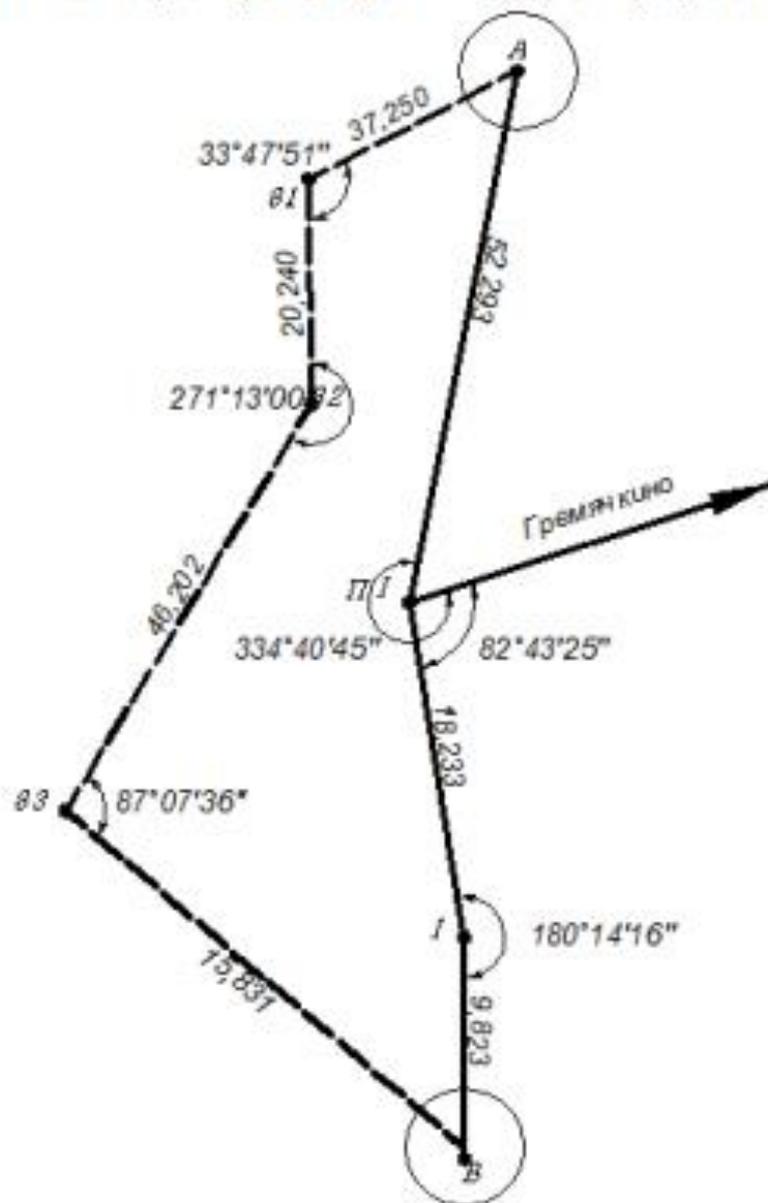
$X_{A'} = +100,000$  м

$Y_{A'} = +100,000$  м

- съемки на поверхности
- съемки в подземных выработках

Вариант №7

Вычислить ориентировку подземных выработок через два ствола



Исходные данные: (Гремячينو – П.1) =  $98^{\circ}46'18''$

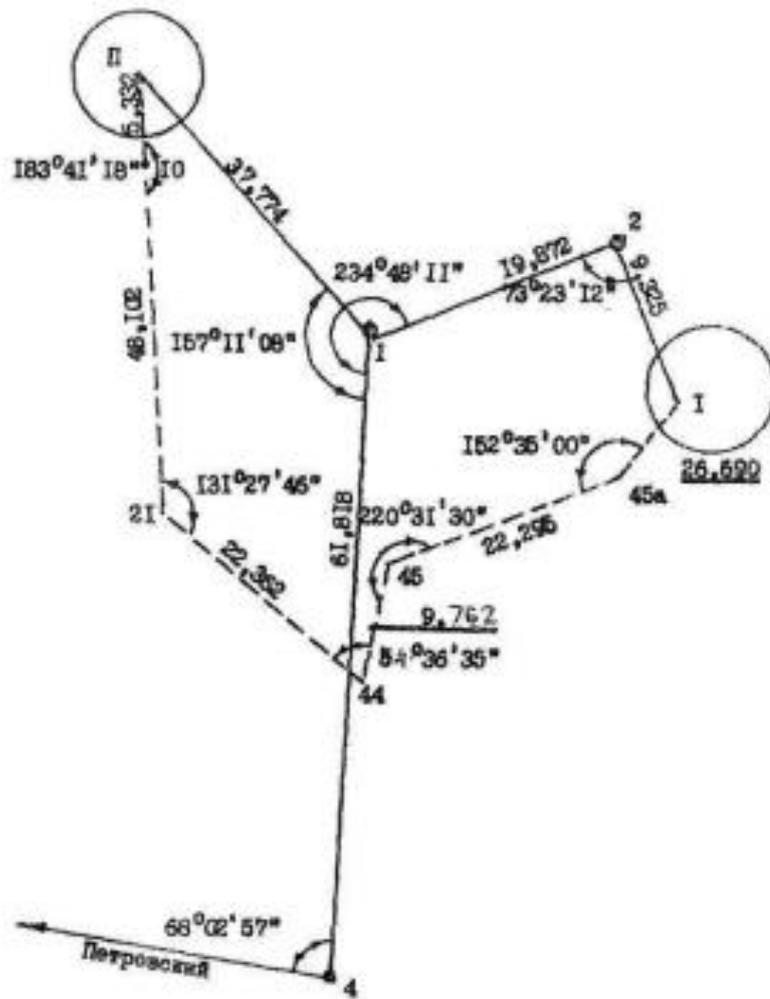
$X_{П.1} = +200,000$  м

$Y_{П.1} = +200,000$  м

— съемки на поверхности  
 - - - съемки в подземных выработках

Вариант №8

Вычислить ориентировку подземных выработок через два ствола



Исходные данные: (Петровский - 4) =  $185^{\circ}16'44''$

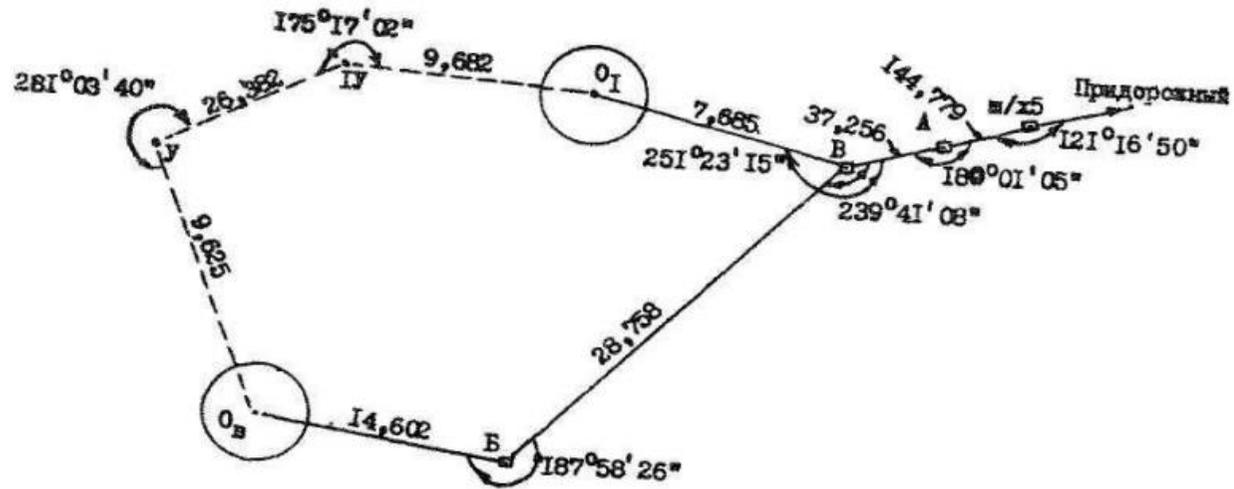
$X_{П1} = +200,000$  м

$Y_{П1} = +200,000$  м

————— съемки на поверхности  
 - - - - - съемки в подземных выработках

Вариант №10

Вычислить ориентировку подземных выработок через два ствола

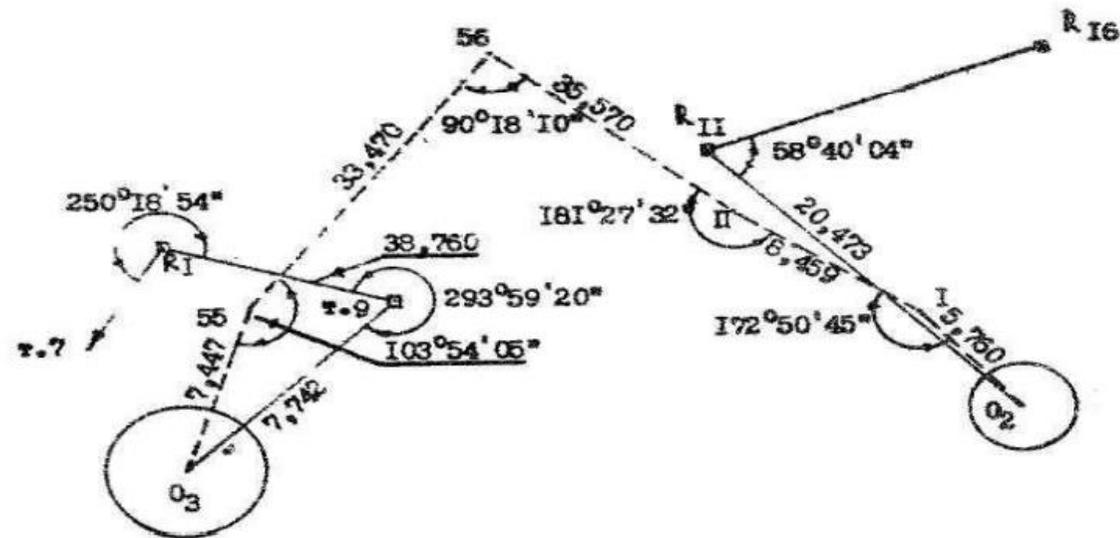


Исходные данные: (ш/х-5 – Придорожный) = 207°45'36"  
 $X_{ш/х-5} = +1200,000$  м  
 $Y_{ш/х-5} = +1200,000$  м

————— съемки на поверхности  
 - - - - - съемки в подземных выработках

Вариант №15

Вычислить ориентировку подземных выработок через два ствола

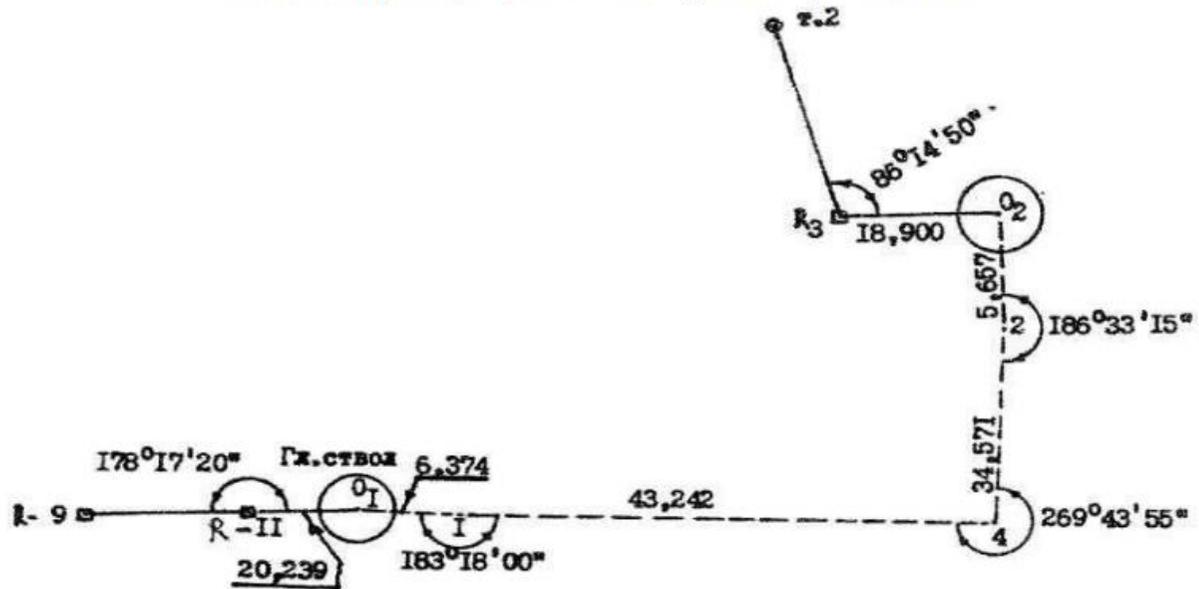


Исходные данные:  $(R_{16} - R_{11}) = 263^{\circ}39'20''$   
 $(\tau.7 - R_I) = 28^{\circ}11'08''$   
 $X_{R_{11}} = +960,023 \text{ м}$   
 $Y_{R_{11}} = +428,463 \text{ м}$   
 $X_{R_I} = +948,867 \text{ м}$   
 $Y_{R_I} = +352,053 \text{ м}$

————— съемки на поверхности  
 - - - - - съемки в подземных выработках

Вариант №17

Вычислить ориентировку подземных выработок через два ствола

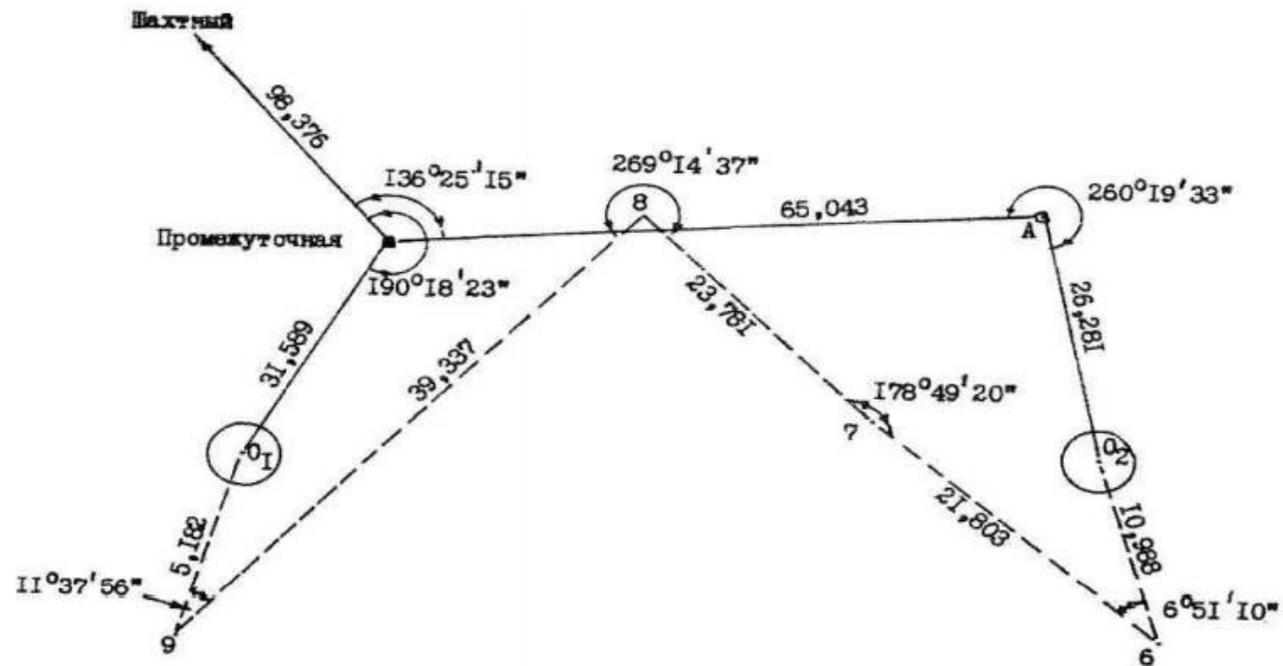


Исходные данные:  $(T.2 - R_3) = 144^{\circ}38'50''$   
 $(R_9 - R_{11}) = 52^{\circ}02'40''$   
 $X_{R_3} = +485,440$  м  
 $Y_{R_3} = +834,082$  м  
 $X_{R_{11}} = +422,970$  м  
 $Y_{R_{11}} = +818,280$  м

————— съемки на поверхности  
 - - - - - съемки в подземных выработках

### Вариант №22

Вычислить ориентировку подземных выработок через два ствола



Исходные данные: (Шахтн. - Промежут.) =  $358^{\circ}10'01''$

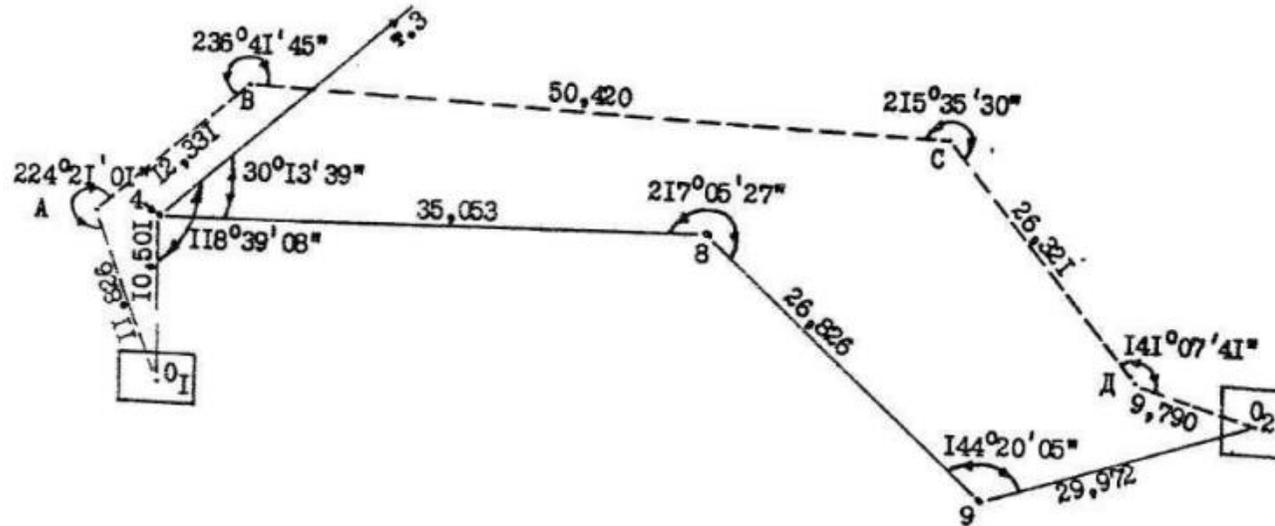
$X_{\text{Шахтн.}} = +6316,710 \text{ м}$

$Y_{\text{Шахтн.}} = +13730,711 \text{ м}$

————— съемки на поверхности  
 - - - - - съемки в подземных выработках

Вариант №25

Вычислить ориентировку подземных выработок через два ствола

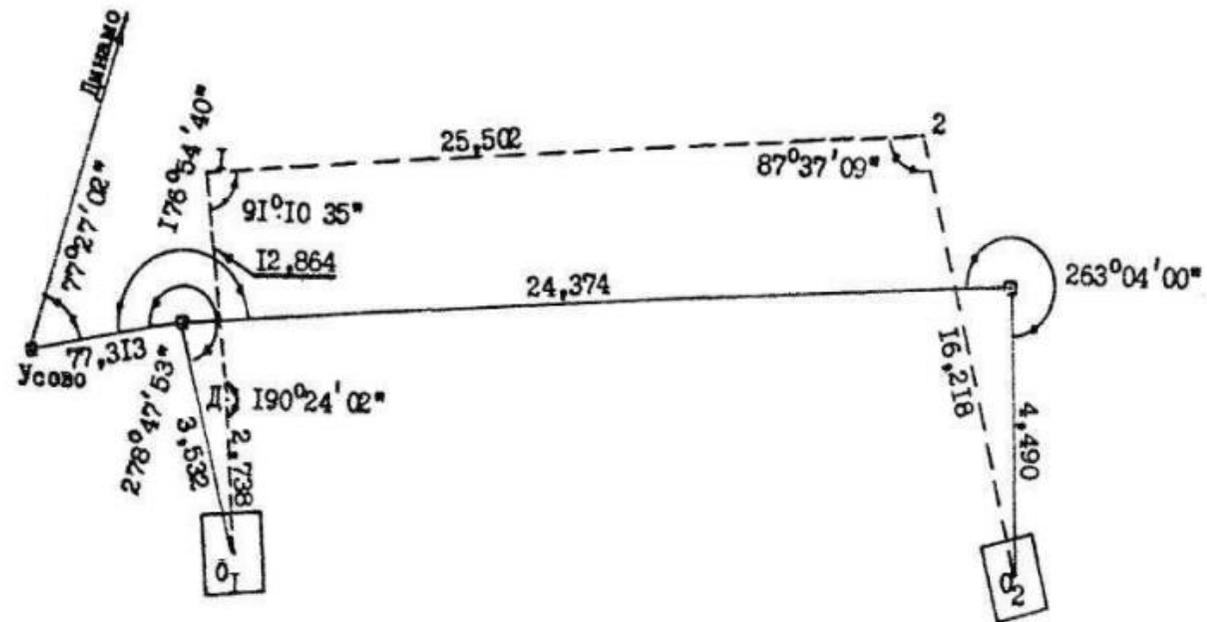


Исходные данные:  $(3. - 4.) = 128^{\circ}36'18''$   
 $X_4 = +200,000$  м  
 $Y_4 = +200,000$  м

————— съемки на поверхности  
 - - - - - съемки в подземных выработках

Вариант №27

Вычислить ориентировку подземных выработок через два ствола



Исходные данные: (Динамо - Усово) =  $62^{\circ}21'06''$

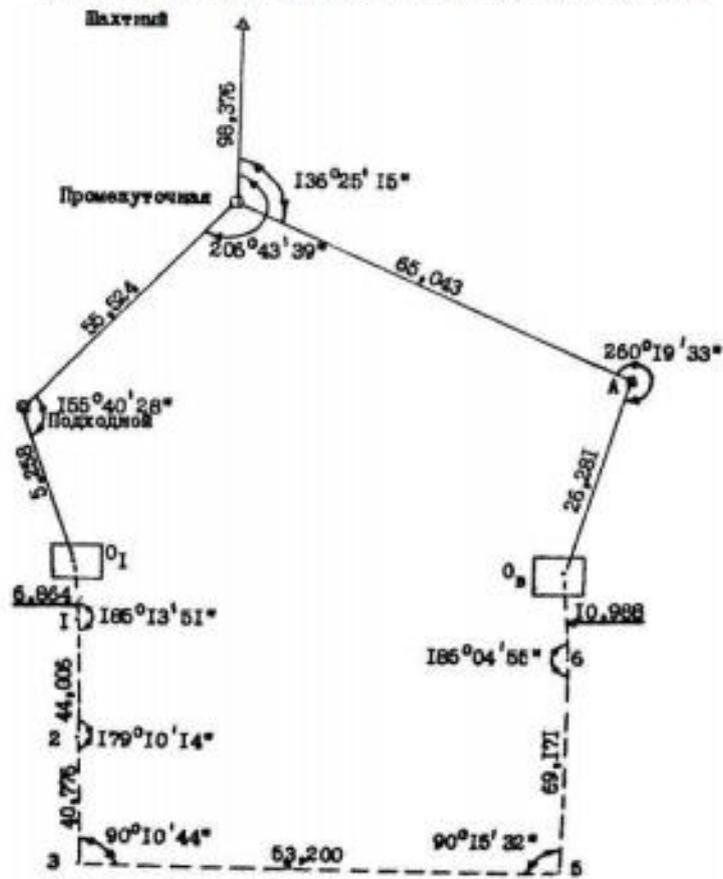
$X_{\text{Усово}} = +6154,497 \text{ м}$

$Y_{\text{Усово}} = +14919,055 \text{ м}$

————— съемки на поверхности  
 - - - - - съемки в подземных выработках

Вариант №23

Вычислить ориентировку подземных выработок через два ствола



Исходные данные: (Шахта - Промеж.) =  $358^{\circ}10'01''$

$X_{\text{Шахта}} = +6316,710$  м

$Y_{\text{Шахта}} = +13730,711$  м

————— съемки на поверхности

----- съемки в подземных выработках

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 4.

### Маркшейдерские работы при проведении горных выработок встречными забоями

#### 1.1 Общие положения

При строительстве шахт, реконструкции и эксплуатации широко применяется проведение горных выработок встречными забоями, чем значительно сокращается срок ввода их в действие.

Учитывая особую ответственность маркшейдерских работ при проведении выработки несколькими забоями, при определении их схемы и методики необходимо исходить из следующих положений:

- а) общая схема работ, способы ее осуществления и методы измерения отдельных элементов должны обеспечить необходимую точность при встрече забоев выработки;
- б) выполняемые маркшейдерские измерения и вычисления должны сопровождаться объективным контролем, полностью исключающим возможность появления грубых погрешностей.

При проведении выработки одновременно несколькими забоями в зависимости от условий могут быть следующие случаи:

- 1) выработку проводят двумя забоями навстречу друг другу;
- 2) забои одной и той же выработки догоняют друг друга;
- 3) выработку проводят одним забоем навстречу другому, в котором горные работы не производятся.

Все эти случаи проведения горных выработок называют сбойками и разделяют их на три основных типа:

- 1) сбойки, проводимые в пределах одной и той же шахты, т.е. сбойки выработок, сообщающихся между собой под землей;
- 2) сбойки, проводимые между разными шахтами, т.е. сбойки выработок, не сообщающихся между собой под землей;
- 3) сбойки вертикальных выработок.

Успешное проведение выработок встречными забоями всецело зависит от правильного решения всего комплекса маркшейдерских работ

#### 1.2 Задание направлений горизонтальным и наклонным горным выработкам

При проведении выработок встречными забоями необходимо определить место расщепки выработки и направление этой выработки в горизонтальной плоскости.

Основными параметрами, по которым задается в натуре горная выработка, являются: угол направления, длина, уклон или угол наклона. Эти параметры могут быть определены графически по проекту плана развития горных работ или аналитически.

Аналитически перечисленные параметры могут быть определены по координатам точек, расположенных на оси проектной выработки.

Зачастую при задании направления горным выработкам приходится определять координаты точки пересечения двух прямых.

Для решения этой задачи в проекте даны координаты маркшейдерских точек С ( $X_C, Y_C, Z_C$ ), D ( $X_D, Y_D, Z_D$ ) и В ( $X_B, Y_B, Z_B$ ), а так же направленная точка  $B_0(X_{B_0}, Y_{B_0}, Z_{B_0})$ , (рис.1), лежащих на оси выработки

Дирекционный угол оси определится по формуле

$$\operatorname{tg}(BB_0) = \frac{Y_{B_0} - Y_B}{X_{B_0} - X_B};$$

Координаты точки А определим по формулам Юнга

$$X_A = \frac{X_D \operatorname{tg}(CD) - X_B \operatorname{tg}(BB_0) - Y_D + Y_B}{\operatorname{tg}(CD) - \operatorname{tg}(BB_0)}$$

$$Y_A = \frac{Y_D \operatorname{ctg}(CD) - Y_B \operatorname{ctg}(BB_0) - X_D + X_B}{\operatorname{ctg}(CD) - \operatorname{ctg}(BB_0)}$$

Угол направления  $\beta_A$  определится по разности дирекционных углов линии (CD) и (AB)

$$\beta_A = (CD) - ((AB) + 180^\circ).$$

Выноска направления выработки в плане осуществляется с помощью теодолита, установленного в точке А по углу направления  $\beta_A$ .

Дирекционный угол оси проектируемой выработки определяется по формуле:

$$\operatorname{tg}(AB) = \frac{Y_B - Y_A}{X_B - X_A};$$

Контроль:

$$\operatorname{tg}(AB + 45^\circ) = \frac{\Delta X + \Delta Y}{\Delta X - \Delta Y};$$

где  $\Delta X = X_B - X_A$ ;  $\Delta Y = Y_B - Y_A$ ;

Длина горизонтального проложения выработки:

$$S_{AB} = \frac{\Delta Y}{\sin(AB)} = \frac{\Delta X}{\cos(AB)};$$

или

$$S_{AB} = \sqrt{(Y_B - Y_A)^2 + (X_B - X_A)^2};$$

Угол наклона линии АВ

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{Z_B - Z_A}{S_{AB}};$$

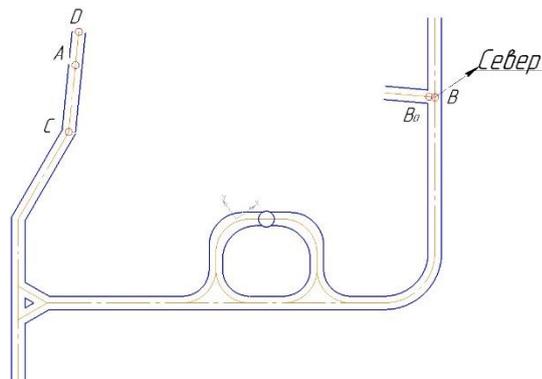


Рис.1 – Схема выработки

Уклон определяется по формуле:

$$i = \frac{Z_B - Z_A}{S_{AB}};$$

Наклонная длина

$$l_{AB} = \frac{S_{AB}}{\cos \delta};$$

или

$$l_{AB} = \sqrt{(Y_B - Y_A)^2 + (X_B - X_A)^2 + (Z_B - Z_A)^2}.$$

Погрешность смыкания встречных забоев в плане для данного типа сбоек зависит от погрешности измерения углов и длин подземного полигона.

Общая погрешность смыкания забоя в горизонтальной плоскости:

$$M_{x''} = \sqrt{M_{x'\beta}^2 + M_{x'l}^2};$$

Где:

$M_{x'\beta}$  - средняя ошибка, зависящая от измерения углов = 3"

$M_{x'l}$  - средняя ошибка измерения длин линий = 1/10000 на 1 км хода

Погрешность смыкания встречных забоев по высоте:

$$M_h = \sqrt{M_h'^2 + M_h''^2};$$

где  $M_h'$  - средняя погрешность геометрического нивелирования;

$M_h''$  - средняя погрешность тригонометрического нивелирования.

Среднюю погрешность геометрического нивелирования определяют по формуле:

$$M_h' = m_0 \sqrt{2n}$$

где  $m_0 = \pm 0,0007l\tau$  - средняя погрешность отсчитывания по рейке, мм;

$n$  - число станций = 5

$l$  - расстояние от нивелира до рейки = 25 м;

$\tau$  - цена деления уровня, сек.

Средняя погрешность тригонометрического нивелирования определяется:

$$M_h'' = \pm \frac{\Delta h}{\sqrt{2}}; \quad \Delta h = \pm 10\sqrt{n_1 + n_2},$$

где  $\Delta h$  - предельное расхождение между двумя независимыми определениями превышения начальной точки хода относительно конечной;

$n$  - число сторон в одном и другом ходе тригонометрического нивелирования.

В таблице 1 приведены варианты для выполнения работы. В работе принимают условную систему координат, за центр которой берут центр ствола.

Порядок выполнения работы:

1. Определить дирекционные углы оси выработки  $BB_0$ ,  $AB$ ,  $CD$
2. Определить координаты точки А
3. Определить угол направления  $\beta_A$
4. Рассчитать длину горизонтального проложения выработки
5. Рассчитать наклонную длину выработки
6. Рассчитать погрешность смыкания забоя в горизонтальной и вертикальной плоскостях
7. Составить план сбойки в масштабе 1: 2000.

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 5

### МАРКШЕЙДЕРСКАЯ ПРОВЕРКА ОДНОКАНАТНОГО ПОДЪЕМНОГО КОМПЛЕКСА

#### Общие положения

В комплекс сооружений шахтного подъема входят проводники (направляющие подъемных сосудов), укрепленные на расстрелах, копер с расположенными на нем направляющими шкивами, подъемная машина с барабанами, на которые навивается канат, подъемные сосуды.

Маркшейдер должен обеспечить установку комплекса шахтного подъема с соблюдением проектных геометрических параметров его отдельных элементов.

Проверка подъемного комплекса производится при сдаче шахты в эксплуатацию и периодически в процессе ее работы. Маркшейдер проверяет соответствие величин углов отклонения канатов (девиации) на барабанах и шкивах правилам технической эксплуатации, вертикальность плоскостей симметрии шкивов, отсутствие у них «восьмерки», совпадение вертикальных проекций точек схода канатов и точек подвеса подъемных сосудов, горизонтальность главного вала подъемной машины. Этот контроль может быть выполнен как от осей ствола, закрепленных осевыми пунктами на поверхности, так и от оси главного вала подъемной машины.

#### Исходные данные и требования к проверке

Исходными данными для проверки подъемного механизма являются геометрические элементы подъемной установки (табл. 4.1), результаты съемки кронштейна с жалом Г, прикрепленного к реборде барабана, в двух диаметрально противоположных положениях Г и Г<sub>1</sub>, в результате чего определяют их координаты  $x_G, y_G, x_{G_1}, y_{G_1}$ , результаты съемки элементов сечения ствола и съемки шкивов  $a_1, a_2, a'_1, a'_2$  (табл. 4.2), а также другие геометрические параметры подъемного комплекса (рис. 4.1 - 4.4).

Таблица 4.1

**Основные геометрические элементы подъемной установки**

Номер вар.	H, м	D <sub>б</sub> , м	D <sub>ш</sub> , м	d <sub>к</sub> , мм	l, м	ϕ, мм	H <sub>к</sub> , м	e, мм	S <sub>ю</sub> , мм	L <sub>г</sub> , м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1,2	670/600	5	4	50,5/45	3,2	100	40,0	3	60	48,0
3,4	465/420	4	3	45/37	2,7	90	40,0	3	50	48,0
5,6	565/520	4	3	35/31	3,0	85	37,0	3	50	44,4
7,8	465/410	4	3	45/37	2,3	90	39,5	2	45	47,1
9,10	450/400	4	3	45/37	2,0	100	40,0	2	55	48,0
11,12	410/450	4	3	35/31	1,8	95	39,5	3	55	47,7
13,14	550/510	5	4	45/37	2,3	80	40,0	2	50	48,0
15,16	450/410	5	4	52/45	2,0	80	40,0	2	50	48,0
17,18	340/420	2,5	2,0	31/35	2,3	85	35,0	3	45	42,0
19,20	285/300	3,0	2,5	37/41	1,5	85	30,0	3	45	36,0
21,22	430/400	2,5	2,0	31/27	3,4	95	37,0	2	50	44,6
23,24	400/420	3	2,5	37/41	3,2	95	37,0	2	50	44,4
25,26	215/250	2,5	2,6	31/27	1,5	70	30,0	3	40	36,0
27,28	365/330	3,0	2,5	37/35	2,3	95	37,0	2	45	44,4

29,30	280/300	2,0	1,5	25/23	1,7	95	35,0	3	45	42,0
31,32	170/200	2,0	1,5	25/23	1,7	75	25,0	2	35	30,0
33,34	215/240	2,5	2,0	25/23	1,2	75	25,0	2	35	30,0
35,36	225/200	2,5	2,0	31/27	1,5	80	30,0	3	45	36,0
37,38	400/350	3,4	3,0	43,5/45	2,3	95	37,0	3	45	44,4
39,40	550/500	3,5	3,0	25/31	1,8	95	40,0	2	50	48,0
41/42	300/320	3,5	3,0	42/37	1,7	95	37,0	3	35	44,4
43/44	520/500	4	3,05	37/35	2,07	95	40,0	3	45	48,0
45/46	620/600	5	4	52/50	2,3	95	39,5	2	50	47,4
47/48	700/650	6	5	52/50	2,4	100	40,0	2	45	48,0
49/50	550/500	4	3	43,5/45	2,3	95	39,5	3	50	47,4

*Примечание:* в графах 2 и 5 в числителе – нечетный вариант, в знаменателе – четный вариант.

Таблица 4.2

**Результаты маркшейдерской съемки реборды барабана подъемной машины и шкивов**

Номер варианта	Данные съемки шкивов				Съемки барабана машины			
	$a_1$ , мм	$a_2$ , мм	$a'_1$ , мм	$a'_2$ , мм	точка $\Gamma$		точка $\Gamma_1$	
					$x'$ , м	$y'$ , м	$x'$ , м	$y'$ , м
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1710	1730	1710	1710	50,5	3,370	45,5	3,360
2	1710	1680	1710	1710	50,0	3,380	45,5	3,390
3	1445	1460	1445	1480	50,0	2,845	46,0	2,820
4	1445	1430	1445	1420	50,0	2,860	46,0	2,845
5	1092	1100	1092	1100	46,4	3,142	42,1	3,120
6	1092	1080	1092	1080	46,4	3,110	42,4	3,150
7	1240	1220	1240	1200	49,04	2,435	45,4	2,470
8	1240	1260	1240	1260	49,04	2,0452	45,5	2,420
9	1105	1150	1105	1100	50,0	2,160	46,0	2,180
10	1105	1050	1105	1150	50,0	2,150	46,0	2,180
11	1502	1515	1502	1480	49,4	1,957	45,4	1,900
12	1502	1495	1502	1520	49,4	1,940	45,4	1,970
13	1240	1225	1240	1210	50,0	2,440	45,5	2,490
14	1240	1255	1240	1280	50,5	2,450	45,5	2,470
15	1090	1115	1090	1100	50,5	2,140	45,5	2,120
16	1090	1035	1090	1120	50,5	2,160	45,5	2,170
17	1237	1220	1237	1200	43,25	2,432	40,75	2,400
18	1237	1270	1237	1250	43,25	2,430	40,75	2,480
19	0837	0850	0837	0850	37,5	1,632	34,5	1,680
20	0837	0820	0837	0800	37,5	1,650	34,5	1,600
21	1797	1810	1897	1820	45,65	3,547	43,15	3,500
22	1797	1780	1797	1770	46,65	3,560	43,15	3,600
23	1697	1710	1697	1720	45,9	3,347	42,9	3,305
24	1697	1980	1697	1680	49,9	3,330	42,9	3,380
25	0825	0800	0825	0850	37,25	1,615	34,75	1,600
26	0825	0850	0825	0800	37,25	1,600	34,75	1,620
27	1242	1220	1242	1210	45,9	2,437	42,9	2,450

28	1242	1260	1242	1270	45,9	2,420	42,9	2,480
29	0942	0960	0942	0910	43,0	1,832	41,0	1,800
30	0942	0930	0942	0960	43,0	1,850	41,0	1,800
31	0917	0930	0917	0900	31,0	1,807	29,0	1,850
32	0917	0900	0917	0930	31,0	1,825	29,0	1,80
33	0672	0700	0672	0650	31,2	1,307	28,75	1,320
34	0672	0650	0672	0700	31,25	1,330	28,75	1,300
35	0835	0850	0835	0815	37,25	1,630	34,75	1,600
36	0835	0820	0835	0850	37,25	1,650	34,75	1,630
37	1242	1260	1242	1210	46,1	2,437	42,7	2,400
38	1242	1220	1242	1250	46,1	2,450	42,7	2,400
39	0947	0960	0947	0960	49,75	1,847	46,25	1,880
40	0947	0930	0947	0920	49,75	1,860	46,25	1,810
41	0932	0910	0932	0900	46,15	1,817	42,65	1,800
42	0932	0950	0932	0950	46,15	1,850	42,65	1,800
43	1442	1460	1442	1420	50,0	2,837	46,0	2,800
44	1442	1420	1442	1460	50,0	2,800	46,0	2,840
45	1247	1220	1247	1270	49,5	2,447	44,5	2,410
46	1274	1260	1247	1220	49,5	2,420	44,5	2,430
47	1295	1310	1295	1280	51,0	2,540	45,0	2,500
48	1295	1280	1295	1300	51,0	2,560	45,0	2,600
49	1247	1280	1247	1230	49,4	2,447	45,4	2,410
50	1247	1230	1247	1280	49,4	2,470	45,4	2,490

Проверка выполняется путем прокладки теодолитного хода от осевых пунктов к подъемной машине и стволу и съемки характерных точек органов навивки подъемной машины, шкивов, сечения ствола (см. рис. 4.1).

### Порядок выполнения работы

Порядок выполнения работы рассмотрим на примере одного из вариантов.

Таблица 4.3

### Основные геометрические элементы подъемной машины

Высота подъема	$H$ , м	410
Диаметр барабана	$D_B$ , м	4,00
Диаметр шкива	$D_{ш}$ , м	3,00
Диаметр каната	$d_k$ , мм	37
Ширина барабана	$l$ , м	2,40
Расстояние между барабанами	$в$ , мм	90
Высота копра	$H_k$ , м	38,5
Зазор между витками канатов	$e$ , мм	2
Ширина реборды барабана	$S_{ю, с}$ , мм	45
Горизонтальное расстояние от оси вала подъемной машины и оси шкива	$L_r$ , м	47,4

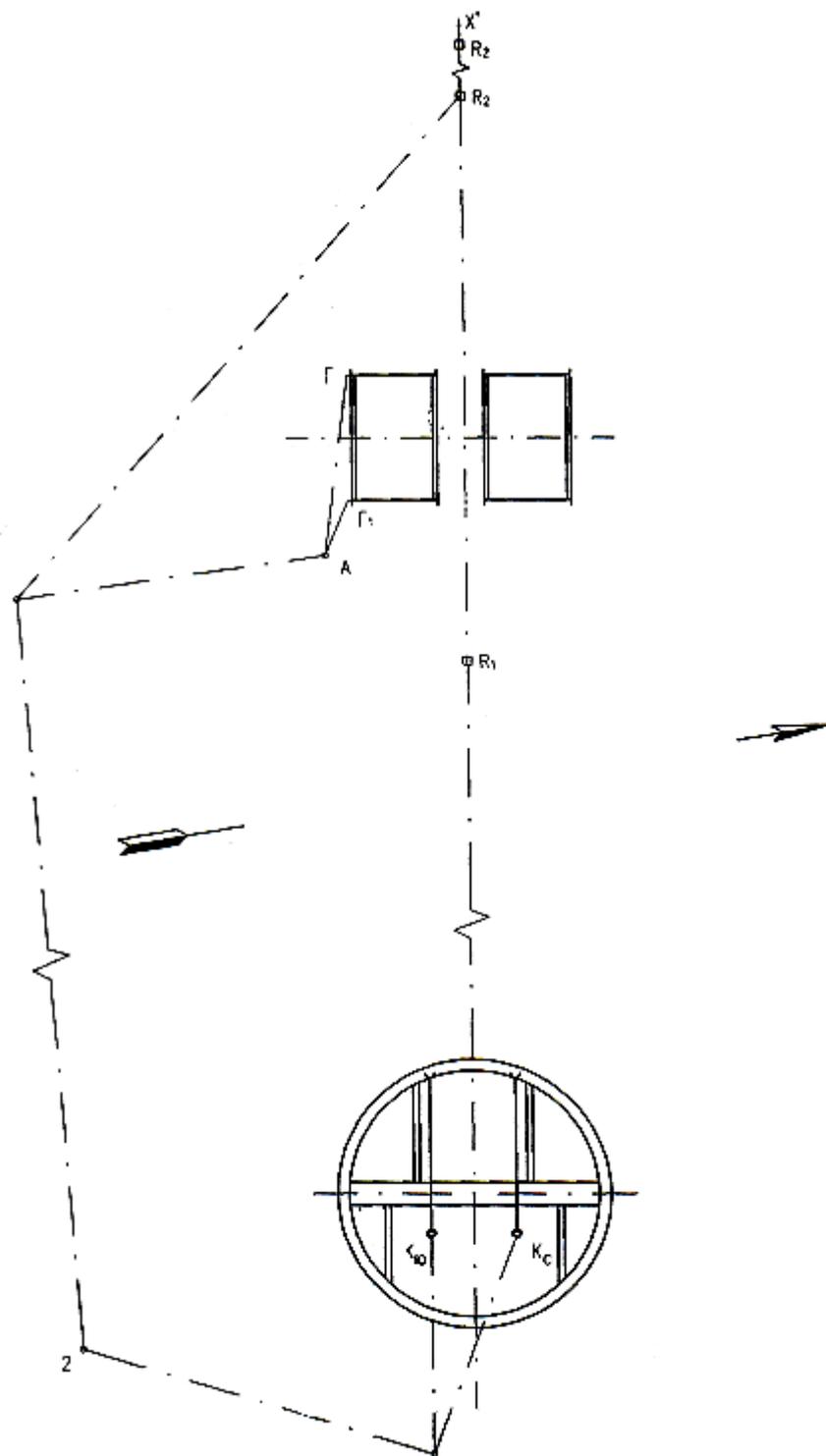


Рис. 4.1. Съёмка характерных точек подъемного комплекса





### Результаты маркшейдерской съемки реборды барабана подъемной машины и шкивов

Данные съемки шкивов				Съемки барабана машины			
$a_1$ , мм	$a_2$ , мм	$a'_1$ , мм	$a'_2$ , мм	точка $\Gamma$		точка $\Gamma_I$	
				$x'$ , м	$y'$ , м	$x'$ , м	$y'$ , м
1240	1260	1240	1250	49,4	2,450	45,4	2,420

4.3.1. *Вычисление элементов органов навивки для северного и южного барабанов (см. рис. 4.2)*

- Зона рабочих витков, ширина которой зависит от полной высоты подъема

$$l_p = \frac{H}{\pi \cdot D_{\sigma}} \cdot (d_k + e) = \frac{410}{3,14 \cdot 4,0} \cdot (0,037 + 0,002) = 1,272 \text{ м.}$$

- Зона запасных витков необходима для наращивания рабочей части каната по мере уменьшения ее в процессе систематических испытаний каната:

$$l_3 = \frac{30}{\pi \cdot D_{\sigma}} \cdot (d_k + e) = \frac{300}{3,14 \cdot 4,0} \cdot (0,037 + 0,002) = 0,093 \text{ м,}$$

где 30 – длина каната для испытаний.

- Зона витков трения служит для усиления закрепления каната на барабане (число витков трения  $n_m=3-5$ )

$$l_m = n_m \cdot (d_k + e) = 4 \cdot (0,037 + 0,002) = 0,156 \text{ м.}$$

- Свободная часть барабана подъемной машины – разность между строительной шириной барабана  $l$  и суммарным размером рассмотренных выше трех зон

$$l_c = l - (l_p + l_3 + l_m) = 2,4 - (1,272 + 0,093 + 0,156) = 0,879 \text{ м.}$$

4.3.2. *Дирекционный угол фактической оси подъема (см. рис. 4.1)*

$$\text{tg}_{(\Gamma_1-\Gamma)} = \frac{Y'_{\Gamma} - Y'_{\Gamma_1}}{X'_{\Gamma} - X'_{\Gamma_1}} = \frac{2,450 - 2,420}{49,4 - 45,4} = 0,0075,$$

$$\alpha_{(\Gamma_1-\Gamma)} = 0^{\circ}25'47''.$$

4.3.3. *Величина непараллельности фактической оси подъема и оси ствола*

$$\varepsilon = \alpha_{(\Gamma_1-\Gamma)} - \alpha_{R_2-R_3} = 0^{\circ}25'47'',$$

где  $\alpha_{R_2-R_3} = 0^{\circ}00'00''$  или  $360^{\circ}00'00''$ .

4.3.4. Координаты точки С, лежащей на оси главного вала подъемной машины посередине между барабанами

$$X_C = \frac{X'_{\Gamma_1} + X'_{\Gamma}}{2} = \frac{45,4 + 49,4}{2} = 47,4 \text{ м.}$$
$$Y_C = \frac{Y'_{\Gamma_1} + Y'_{\Gamma}}{2} - (2S + l_c + l_p + l_3 + l_m + \frac{b}{2}) =$$
$$= \frac{2,420 + 2,450}{2} - (0,090 + 0,879 + 1,272 + 0,093 + 0,156 + 0,045) = -0,100 \text{ м}$$

4.3.5. Углы наклонов верхнего и нижнего канатов и их наклонная длина (см. рис. 4.3)

- Наклонное расстояние от оси главного вала машины до оси шкивов:

$$L_H^0 = \sqrt{L_{\Gamma}^2 + \Delta Z^2},$$

где  $L_{\Gamma}$  – проекция искомого расстояния на горизонтальную плоскость;  $\Delta Z$  – превышение оси шкива над осью вала

$$\Delta Z = H_K - H_{\sigma} = 38,5 - 1 = 37,5 \text{ м;}$$

$H_K$  – высота копра, м;  $H_{\sigma}$  – высота барабана, м

$$H_{\sigma} = \frac{D_{\sigma}}{2} - 1 = \frac{4,0}{2} - 1 = 1,0 \text{ м;}$$

$$\Delta Z = 30 - 0,5 = 29,5 \text{ м;}$$

$$L_H^0 = \sqrt{47,4^2 + 37,5^2} = 60,440 \text{ м.}$$

- Углы наклонов верхнего и нижнего канатов

$$\operatorname{tg} \varphi_0 = \frac{\Delta Z}{L_{\Gamma}} = \frac{37,5}{47,4} = 0,79114,$$

где  $\varphi_0$  – угол наклона линии, соединяющей оси вращения шкива и вала ( $\varphi_0 = 38^{\circ}20'56''$ ).

$$\Delta \varphi_H = \frac{R_{\sigma} + R_{\text{ш}}}{L_H^0} \cdot \rho' = \frac{2 + 1,5}{60,440} \cdot 3437,75 = 3^{\circ}19'04'';$$

$$\Delta\varphi_B = \frac{R_6 - R_{III}}{L_H^0} \cdot \rho' = \frac{2 - 1,5}{60,440} \cdot 3437,75 = 0^\circ 28' 16'';$$

$$\varphi_6 = \varphi_0 - \Delta\varphi_6 = 38^\circ 20' 56'' - 0^\circ 28' 26'' = 37^\circ 52' 30'';$$

$$\varphi_H = \varphi_0 + \Delta\varphi_H = 38^\circ 20' 56'' + 3^\circ 19' 04'' = 41^\circ 40' 00''.$$

- Наклонная длина верхних и нижних ветвей канатов

$$L_H^B = \frac{R_6 - R_{III}}{\sin \Delta\varphi_B} = \frac{2 - 1,5}{\sin 0^\circ 28' 26''} = 60,453 \text{ м};$$

$$L_H^H = \frac{R_6 + R_{III}}{\sin \Delta\varphi_H} = \frac{2 + 1,5}{\sin 3^\circ 19' 04''} = 60,476 \text{ м}.$$

#### 4.3.6. Углы девиации на барабанах

- На северном:

$$\alpha_B^c = \frac{a - b_1}{L_H^H} \cdot \rho' - \varepsilon \cdot \cos \varphi_H;$$

$$\alpha_H^c = \frac{b_2 - a}{L_H^H} \cdot \rho' + \varepsilon \cdot \cos \varphi_H,$$

где

$$a = \frac{a_1 + a_2}{2} = \frac{1,240 + 1,260}{2} = 1,250 \text{ м},$$

$$b_1 = \frac{B}{2} - Y_C + S_C + l_c = 0,100 + 0,045 + 0,045 + 0,879 = 1,069 \text{ м},$$

$$b_2 = b_1 + l_p + l_3 = 1,069 + 1,272 + 0,093 = 2,434 \text{ м};$$

$$\alpha_B^c = \frac{1,250 - 1,069}{60,476} \cdot 3437,75 - 0^\circ 25' 47'' \cdot \cos 41^\circ 40' = -0^\circ 08' 58'';$$

$$\alpha_H^c = \frac{2,434 - 1,250}{60,476} \cdot 3437,75 + 0^\circ 25' 47'' \cdot \cos 41^\circ 40' = 1^\circ 26' 34''.$$

- На южном:

$$\alpha_B^{\text{ю}} = \frac{a' - b_1'}{L_H^e} \cdot \rho' + \varepsilon \cdot \cos \varphi_B;$$

$$\alpha_H^c = \frac{b_2' - a'}{L_H^H} \cdot \rho' - \varepsilon \cdot \cos \varphi_B,$$

где

$$a' = \frac{a_1' + a_2'}{2} = \frac{1,240 + 1,2500}{2} = 1,245 \text{ м},$$

$$b_1' = Y_C + \frac{e}{2} + S_{\text{Ю}} + l_c = -0,100 + \frac{0,09}{2} + 0,045 + 0,879 = 0,869 \text{ м},$$

$$b_2' = b_1' + l_p + l_3 = 0,869 + 1,272 + 0,093 = 2,234 \text{ м},$$

$$\alpha_B^{\text{ю}} = \frac{1,245 - 0,869}{60,453} \cdot 3437,75 + 0^\circ 25' 47'' \cdot \cos 37^\circ 52' 30'' = 0^\circ 41' 44'',$$

$$\alpha_H^{\text{ю}} = \frac{2,234 - 1,245}{60,453} \cdot 3437,75 - 0^\circ 25' 47'' \cdot \cos 37^\circ 52' 30'' = 0^\circ 35' 53''.$$

По правилам технической эксплуатации значения углов отклонения канатов должны быть не более  $1^\circ 30'$ . При углах отклонения выше этого предела возможно нарушение нормальной работы подъема, вызванное быстрым стиранием каната и расшатыванием копровых шкивов.

#### 4.3.7. Углы девиации на шкивах

- На северном:

$$\gamma_c = \frac{\Delta a_c}{D_{\text{ш}}} \cdot \rho' = \frac{a_2 - a_1}{D_{\text{ш}}} \cdot \rho' = \frac{1,260 - 1,240}{3} \cdot 3437,75 = 0^\circ 22' 55'',$$

$$\beta_B^c = a_b^c + (\gamma_c + \varepsilon) \cdot \cos \varphi_H = -0^\circ 08' 58'' + (0^\circ 22' 55'' + 0^\circ 25' 47'') \cdot \cos 41^\circ 40' = 0^\circ 27' 25'';$$

$$\beta_H^c = a_H^c - (\gamma_c + \varepsilon) \cdot \cos \varphi_H = 1^\circ 26' 34'' - (0^\circ 22' 55'' + 0^\circ 25' 47'') \cdot \cos 41^\circ 40' = 0^\circ 50' 11''.$$

- На южном:

$$\gamma_{\text{ю}} = \frac{\Delta a_{\text{ю}}}{D_{\text{ш}}} \cdot \rho' = \frac{a_2 - a_1}{D_{\text{ш}}} \cdot \rho' = \frac{1,250 - 1,240}{3} \cdot 3437,75 = 0^\circ 11' 28'';$$

$$\beta_B^{Ю} = a_b^{Ю} + (\gamma_{Ю} - \varepsilon) \cdot \cos \varphi_H = 0^{\circ}41'44'' + (0^{\circ}11'28'' - 0^{\circ}25'47'') \cdot \cos 37^{\circ}52'30'' = 0^{\circ}30'26'';$$

$$\beta_H^{Ю} = a_H^{Ю} - (\gamma_{Ю} - \varepsilon) \cdot \cos \varphi_H = 0^{\circ}35'53'' - (0^{\circ}11'28'' - 0^{\circ}25'47'') \cdot \cos 37^{\circ}52'30'' = 0^{\circ}47'11''.$$

4.3.8. Средние ошибки углов девиации на барабанах и шкивах

$$m_{\alpha} = \frac{\rho'}{L_H^0} \cdot \sqrt{\left(\frac{b_2 - a}{L_H^0}\right)^2 \cdot m_{L_H^0}^2 + m_a^2 + m_{b_2}^2},$$

$$m_{\beta} = \sqrt{m_{\alpha}^2 + \cos^2 \varphi_0 \cdot m_{\gamma}^2 + \gamma_C^2 \cdot \sin^2 \varphi_0 \cdot \frac{m_{\varphi}^2}{\rho'^2}};$$

$$m_{L_H} = \pm \frac{1}{3000} \cdot 60,440 = 0,020 \text{ м},$$

$$m_a = \frac{1}{3000} \cdot 1,250 = 0,0004 \text{ м},$$

$$m_{b_2} = \frac{1}{3000} \cdot 2,434 = 0,0008 \text{ м};$$

$$m_{\alpha} = \frac{206265}{60,440} \cdot \sqrt{\left(\frac{2,434 - 1,250}{60,440}\right)^2 \cdot 0,020^2 + 0,0004^2 + 0,0008^2} = 0^{\circ}00'03'';$$

$$m_{\gamma} = 0,1^{\circ}; \quad m_{\varphi} = 5^{\circ};$$

$$m_{\beta}^c = \sqrt{0,00083^2 + \cos^2 \varphi_0 \cdot (0,1^{\circ})^2 + \gamma^2 \cdot \sin^2 \varphi_0 \cdot \frac{5^2}{57,3^2}} = 0^{\circ}04'58'';$$

$$m_{\beta}^{Ю} = \sqrt{0,00083^2 + \cos^2 \varphi_0 \cdot (0,1^{\circ})^2 + \gamma^2 \cdot \sin^2 \varphi_0 \cdot \frac{5^2}{57,3^2}} = 0^{\circ}04'57''.$$

11. Так как углы девиации на шкивах  $\beta_в$  и  $\beta_н$  не равны между собой и при большой разности этих углов будет происходить быстрое одностороннее стирание футеровки шкива и каната, это приведет к частой смене футеровки шкива и к сокращению срока службы каната, то необходимо повернуть шкив так, чтобы его плоскость была направлена на середину рабочей части барабана. Для этого определяют разность ( $a_1 - a_{2\text{испр}}$ ).

Расстояния  $a_1$  и  $a$  задаются проектом и изменению не подлежат, так как изменение сместит точки сходов канатов относительно центра тяжести подъемных отделений ствола.

$$a_1 - a_{2\text{испр}} = \frac{b_1 + b_2 - 2 \cdot a}{2 \cdot L_{\text{H}}^0 \cdot \cos \varphi_0} \cdot D_{\text{ш}} = \frac{1,069 + 2,434 - 2,500}{2 \cdot 60,440 \cdot \cos 38^\circ 20' 56''} \cdot 3 = 0,032 \text{ м};$$

$$a_{2\text{испр}} = 1,240 - 0,032 = 1,208 \text{ м};$$

$$a_2 - a_{2\text{испр}} = 1,260 - 1,208 = 0,052 \text{ м};$$

$$a'_1 - a_{2\text{испр}'} = \frac{b'_1 + b'_2 - 2 \cdot a'}{2 \cdot L_{\text{H}}^0 \cdot \cos \varphi_0} \cdot D_{\text{ш}} = \frac{1,869 + 2,234 - 2,490}{2 \cdot 60,440 \cdot \cos 38^\circ 20' 56''} \cdot 3 = 0,019 \text{ м};$$

$$a_{2\text{испр}'} = 1,240 - 0,019 = 1,221 \text{ м};$$

$$a'_2 - a_{2\text{испр}'} = 1,250 - 1,221 = 0,029 \text{ м}.$$

$$\Delta a_2 = 29 \text{ мм}.$$

Вывод: при вычислении углы девиации не превзошли допустимых ( $1^\circ 30'$ ). Средняя ошибка углов девиации  $m_{\beta}^c = 0^\circ 04' 58''$ ;  $m_{\beta}^{\text{ю}} = 0^\circ 04' 57''$ .

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 6 ПОСТРОЕНИЕ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ ЦЕЛИКОВ

**Цель работы.** Построение предохранительных целиков тремя способами: вертикальных разрезов, проекций с числовыми отметками, перпендикуляров.

### Исходные данные:

1. Формы и размеры охраняемого объекта (табл. 3.1).
2. Исходные геологические данные (табл. 3.2).
3. Характеристика гражданских и общественных зданий (сооружений) (табл. 3.3).
4. Характеристика промышленных зданий (сооружений) и технологического оборудования (табл. 3.4).

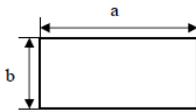
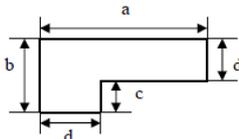
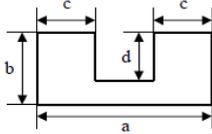
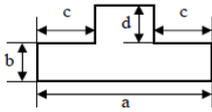
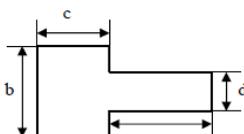
Охрана объектов с помощью предохранительных целиков осуществляется в тех случаях, когда расчетные деформации больше допустимых, а применение горных и конструктивных мер по технико-экономическим показателям нецелесообразно.

Предохранительным целиком называют часть полезного ископаемого, оставляемую под объектом (здания, сооружения, водоем и др.), чтобы не допустить его подработки.

Построение предохранительных целиков может производиться тремя способами: вертикальных разрезов, перпендикуляров и проекций с числовыми отметками.

Таблица 3.1

Формулы и размеры охраняемого объекта

Вариант	Размеры, м				Форма
	a	b	c	d	
1	48	18			
9	46	22			
17	45	18			
25	40	20			
33	50	24			
2	50	30	18	12	
10	40	25	13	12	
18	45	25	13	12	
26	55	30	18	12	
34	35	20	8	12	
3	48	24	16	12	
11	22	18	6	10	
19	26	12	10	6	
27	30	12	10	6	
35	54	24	18	12	
4	48	24	16	10	
12	42	18	12	9	
20	36	12	12	8	
28	30	12	10	8	
36	54	24	18	12	
5	28	20	12	12	
13	36	24	12	12	
21	50	36	12	12	
29	26	20	12	12	
37	38	26	12	18	

Вариант	Размеры, м				Форма	
	a	b	c	d		
6	60	24	12			
14	45	20	9			
22	50	22	10			
30	40	18	8			
38	55	22	11			
7	42	18	16	10		
15	48	18	12	9		
23	52	21	10	10		
31	44	26	12	8		
39	40	18	14	10		
8	34	12	20			
16	30	10	20			
24	30	10	20			
32	32	12	22			
40	28	12	18			

Таблица 3.2

Исходные геологические данные

Вариант	Бассейн или месторождение	Элементы залегания пласта		Угол между простиранием пласта и длинной осью здания $\theta$ , град	Глубина залегания пласта под центром сооружения, м	Мощность пласта, м	Мощность наносов, м	Мощность мезозойских отложений, м
		прости- рание $A$ , град	паде- ние $\alpha$ , град					
1	Кузнецкий	230	20	30	300	2,5	15	40
2	Донбасс (Восточный)	190	15	25	300	1,2	10	–
3	Буланашское	130	20	45	270	3,0	15	–
4	Челябинский	330	25	70	200	1,6	15	–
5	Кузнецкий	170	45	40	250	3,0	12	–
6	Кизеловский	120	42	36	280	2,4	16	–
7	Воркутинское	210	25	55	260	1,5	15	–
8	Челябинский	45	20	70	250	2,5	16	–
9	Интинское	200	35	60	240	3,0	10	–
10	Кузнецкий	80	50	35	250	3,5	15	35
11	Буланашское	45	28	64	320	1,4	10	–
12	Донбасс (Восточный)	120	25	40	370	1,0	12	–
13	Кузнецкий	250	35	60	320	2,0	10	–
14	Челябинский	50	30	65	300	2,5	15	–
15	Воргашорское	148	43	50	270	2,2	16	–
16	Юньягинское	175	52	46	220	2,4	10	–
17	Буланашское	310	38	64	280	2,5	20	–

Вариант	Бассейн или месторождение	Элементы залегания пласта		Угол между простиранием пласта и длинной осью здания $\theta$ . град	Глубина залегания пласта под центром сооружения. м	Мощность пласта, м	Мощность наносов, м	Мощность мезозойских отложений, м
		прости- рание $A$ . град	паде- ние $\alpha$ . град					
18	Кузнецкий	120	15	70	350	3.0	15	-
19	Буланашское	330	40	65	310	1.5	12	-
20	Интинское	110	35	70	280	2.5	10	-
21	Челябинский	80	30	60	290	2.4	16	-
22	Воркутинское	135	48	35	240	2.7	18	-
23	Кузнецкий	260	35	35	310	3.5	12	60
24	Донбасс (Восточный)	250	30	40	340	1.8	15	-
25	Липовецкое	340	30	50	290	2.3	16	-
26	Челябинский	120	35	50	250	2.4	15	-
27	Интинское	300	46	65	230	3.0	15	-
28	Буланашское	160	50	36	310	2.4	12	-
29	Тавричанское	230	40	50	280	3.0	25	-
30	Кизеловское	140	32	56	240	2.5	16	-
31	Артемовское	135	20	70	260	1.8	14	-
32	Партизанское	175	25	25	240	3.2	20	-
33	Буланашское	145	52	64	185	2.6	15	-
34	Интинское	110	34	38	210	1.8	10	-
35	Воргашорское	70	44	25	160	2.1	12	-

Таблица 3.3

## Характеристика гражданских и общественных зданий

Вариант	Охраняемый объект	Форма объекта (по табл. 1)	Материал и толщина стен, мм	Грунтовые условия	Износ стен, %	Вид перекрытия	
						сборное или монолитное (железобетонное)	деревянное
2	Жилое здание (5 этажей)	III	Кирпич 380	Плотные глины	21÷30	+	
4	Школа (3 этажа)	IV	Шлакоблоки 400	Сухие суглинки	11÷20	+	
6	Больница (2 этажа)	VI	Кирпич 510	Рыхлые пески	До 10	+	
8	Дом культуры (3 этажа)	VIII	Кирпич 510	Пески	Более 30	+	
10	Поликлиника (2 этажа)	II	Дерево	Супеси	11÷20		+
12	Дом быта (3 этажа)	IV	Кирпич 640	Глины	До 10	+	
14	Детский сад (2 этажа)	VI	Шлакоблоки 400	Глины пластичные	21÷30	+	
16	Дворец культуры (3 этажа)	VIII	Кирпич 640	Пески	Более 30	+	
18	Магазин (2 этажа)	II	Кирпич 380	Глины	До 10		+

Вариант	Охраняемый объект	Форма объекта (по табл. 1)	Материал и толщина стен, мм	Грунтовые условия	Износ стен, %	Вид перекрытия	
						сборное или монолитное (железобетонное)	деревянное
20	Жилое здание (5 этажей)	IV	Кирпич 670	Плотные глины	11÷20	+	
22	Поликлиника (2 этажа)	VI	Кирпич 570	Супеси	21÷30	+	
24	Школа (3 этажа)	VIII	Кирпич 510	Скальный грунт	Более 30	+	
26	Столовая (2 этажа)	II	Шлакоблоки 400	Плотные глины	До 10		+
28	Жилой дом (5 этажей)	IV	Шлакоблоки 600	Многолетние мерзлые грунты	Более 30	+	
30	Жилой дом (2 этажей)	VI	Дерево	Крупнообломочные	21÷30		+
32	Бытовой комбинат (3 этажа)	VIII	Кирпич 510	Плотные глины	11÷20	+	
34	Жилой дом (5 этажей)	II	Шлакоблоки 600	Пески	21÷30	+	

### Порядок построения предохранительных целиков под здания и сооружения

1. На основании исходных данных строят план охраняемого объекта.
2. Производят расчет допустимых и предельных деформаций:
  - 2.1. Для гражданских и общественных зданий.

Для расчета безопасной и предельной глубины разработки, категории охраны и размеров предохранительной бермы определяют допустимые и предельные показатели горизонтальных деформаций (безразмерные величины):

$$[\varepsilon_D] = \frac{[\Delta l_D]}{1,2m_\varepsilon l} \text{ и } [\varepsilon_{II}] = \frac{[\Delta l_{II}]}{1,2m_\varepsilon l},$$

где  $[\Delta l_D]$  и  $[\Delta l_{II}]$  – соответственно допустимые и предельные показатели деформации, мм;  $l$  – длина здания, мм;  $m_\varepsilon$  – коэффициент, усредняющий горизонтальные деформации по длине здания [1, табл. 4.1].

$$[\Delta l_D] = [\Delta l_D]_H n_1 n_2 n_3 n_4 n_5 ;$$

$$[\Delta l_{II}] = [\Delta l_{II}]_H n_1 n_2 n_3 n_4 n_5 ,$$

где  $[\Delta l_D]_H$  и  $[\Delta l_{II}]_H$  – нормативные допустимый и предельный показатели деформаций [1, табл. 4.1] в зависимости от этажности и назначения здания;  $n_1$  – коэффициент, учитывающий грунтовые условия [1, табл. 4.2];  $n_2$  – коэффициент, учитывающий материал и толщину наружных стен [1, табл. 4.3];  $n_3$  – коэффициент, учитывающий износ наружных стен [1, табл. 4.4];  $n_4$  – коэффициент, учитывающий наличие жестких перекрытий (для зданий со сборным или монолитным перекрытием принимают равным 1,2; с деревянным перекрытием 1,0);  $n_5$  – коэффициент, учитывающий форму здания в плане (для зданий простой формы  $n_5 = 1,0$ ; для зданий П-образной, Г-образной, Т-образной форм в плане и других конфигураций  $n_5 = 0,8$ ; для зданий с деревянными стенами во всех случаях  $n_5 = 1,0$ ).

Произведение коэффициентов должно отвечать условию:  $n_1 n_2 n_3 n_4 n_5 \geq 0,5$ .

- 2.2. Для промышленных зданий.

Промышленные здания в зависимости от характера производственного процесса, чувствительности оборудования и строительных конструкций к деформациям земной

поверхности, а также от их народнохозяйственной значимости при определении допустимых и предельных деформаций разделяют на 5 разрядов [1, табл. 4.7].

Для промышленных предприятий с размещением в них оборудования допустимые и предельные деформации земной поверхности определяют отдельно для зданий [1, формулы (13)-(17)] и оборудования в соответствии с [1, табл. 4.11].

Меры охраны устанавливаются по наименьшим допустимым и предельным деформациям для зданий или технологического оборудования.

Допустимые и предельные показатели горизонтальных деформаций земной поверхности для промышленных зданий определяют по формулам

$$\begin{aligned}[\varepsilon_d] &= [\varepsilon_d]_H n_1 N_1; \\ [\varepsilon_n] &= [\varepsilon_n]_H n_1 N_1,\end{aligned}$$

где  $[\varepsilon_d]$ ,  $[\varepsilon_n]$  – соответственно допустимые и предельные горизонтальные деформации для промышленного здания;  $[\varepsilon_d]_H$ ,  $[\varepsilon_n]_H$  – нормативная величина допустимых и предельных деформаций;  $n_1$  – коэффициент, учитывающий грунтовые условия [1, табл. 4.2];  $N_1$  – коэффициент, зависящий от состояния здания на момент его подработки [1, табл. 4.6].

Нормативные величины допустимых показателей горизонтальных деформаций земной поверхности для промышленных зданий (каркасных, бескаркасных) определяют по формулам:

– для зданий на столбчатых и ленточных фундаментах

$$[\varepsilon_d]_H = \frac{[C_d]}{m_\varepsilon l_4},$$

– для зданий на сплошной железобетонной плите

$$[\varepsilon_d]_H = \frac{100}{m_\varepsilon l_\phi},$$

где  $[C_d]$  – показатель, зависящий от разряда зданий [1, табл. 4.7];  $l_4$  – расстояние от середины здания на ленточном фундаменте, от середины каркасного здания без связевого блока, от связевого блока каркасного здания или от жесткой пристройки до крайних фундаментов, мм;  $l_\phi$  – длина фундаментной плиты, мм.

Нормативную величину предельных деформаций земной поверхности для промышленных зданий определяют по формулам:

– для каркасных зданий

$$[\varepsilon_n]_H = \frac{[C_n]}{m_\varepsilon l_4},$$

– для зданий бескаркасных и с неполным каркасом

$$[\varepsilon_n]_H = \frac{100}{m_\varepsilon l_\phi},$$

где  $[C_n]$  – показатель, который определяют в зависимости от разряда зданий и высоты колонн [1, табл. 4.8].

Размеры бермы для зданий и сооружений определяют в зависимости от допустимых горизонтальных деформаций  $[\varepsilon_d]$  и деформаций наклонов  $[i_d]$  [1, табл. 8.1].

Если по допустимым показателям деформаций  $[\varepsilon_d]$  и  $[i_d]$  получаются различные размеры бермы, то в качестве окончательного значения принимается наибольшее.

3. Вычисляют безопасную и предельную глубины разработки.

Безопасную глубину разработки,  $H_\delta$ , м, для одиночного пласта определяют по формуле

$$H_\delta = K_\varepsilon \frac{m}{[\varepsilon_d]}.$$

Предельную глубину разработки  $H_n$ , м, для одиночного пласта определяют по формуле

$$H_{\Pi} = K_{\varepsilon} \frac{m}{[\varepsilon_{\Pi}]},$$

где  $m$  – мощность пласта, м;  $[\varepsilon_{\Pi}]$  – допустимые деформации.

### **Способ вертикальных разрезов**

При построении предохранительных целиков способом вертикальных разрезов, вертикальные разрезы всегда строят по линиям, перпендикулярным к границам охраняемой площади. Пример построения показан на рис. 3.1.

Порядок построения:

1. На плане отстраивают границы охраняемой площади на земной поверхности. Для этого через характерные угловые точки здания или сооружения проводят линии, параллельные и перпендикулярные простиранию пласта до их взаимного пересечения, параллельно полученным линиям на расстоянии ширины бермы (Б) проводят границы охраняемой площади.

2. Строят вертикальный разрез вкрест простирания пласта по линии, проходящей через центр охраняемой площади. На разрезе изображают поверхность земли (по горизонталям поверхности), наносы, пласт по изогипсам почвы пласта, а также границы охраняемой площади на поверхности.

3. По углу падения пласта  $\alpha$  по «Правилам охраны...» [1] для соответствующего бассейна устанавливают углы сдвижения  $\varphi$  в наносах,  $\beta, \gamma, \delta$  – в коренных породах, при наличии мезозойских отложений – углы сдвижения  $\beta_m, \gamma_m, \delta_m$ .

4. От границ охраняемой площади на поверхности откладывают углы сдвижения  $\varphi$  в наносах,  $\beta, \gamma$  – в коренных породах до пересечения с почвой пласта в точках I (II) и IV (III), которые являются верхней и нижней границами целика. Точки I и IV проецируют на план в виде линий, параллельных изогипсам пласта, это линии III–IV со стороны восстания пласта и I–II со стороны падения (рис. 3.1, а, в).

5. Строят вертикальный разрез по простиранию пласта, на котором изображают поверхность земли, наносы, верхнюю и нижнюю границы целика, которые проецируют с разреза вкрест простирания, и границы охраняемой площади.

6. От границ охраняемой площади на поверхности проводят плоскости сдвижения под углами  $\varphi$  – в наносах и  $\delta$  – в коренных породах, до пересечения с верхней и нижней границами целика в точках IV (III) и I (II) (рис. 3.1, б).

7. Определяют контур целика на плане (I–II–III–IV). Если нижняя граница целика, полученная по углу  $\gamma$ , расположена ниже безопасной глубины разработки  $H_6$ , то за нижнюю границу целика принимают безопасную глубину разработки. В данном примере с учетом  $H_6$  – контур целика I'–II'–III–VI (см. рис. 3.1).

6. Запасы в целике определяют по формуле

$$Q = \frac{S \cdot m \cdot \gamma}{\cos \delta},$$

где  $S$  – площадь целика на плане, м<sup>2</sup>;  $m$  – нормальная мощность пласта, м;  $\delta$  – угол падения пласта, град;  $\gamma$  – плотность угля, т/м<sup>3</sup>.

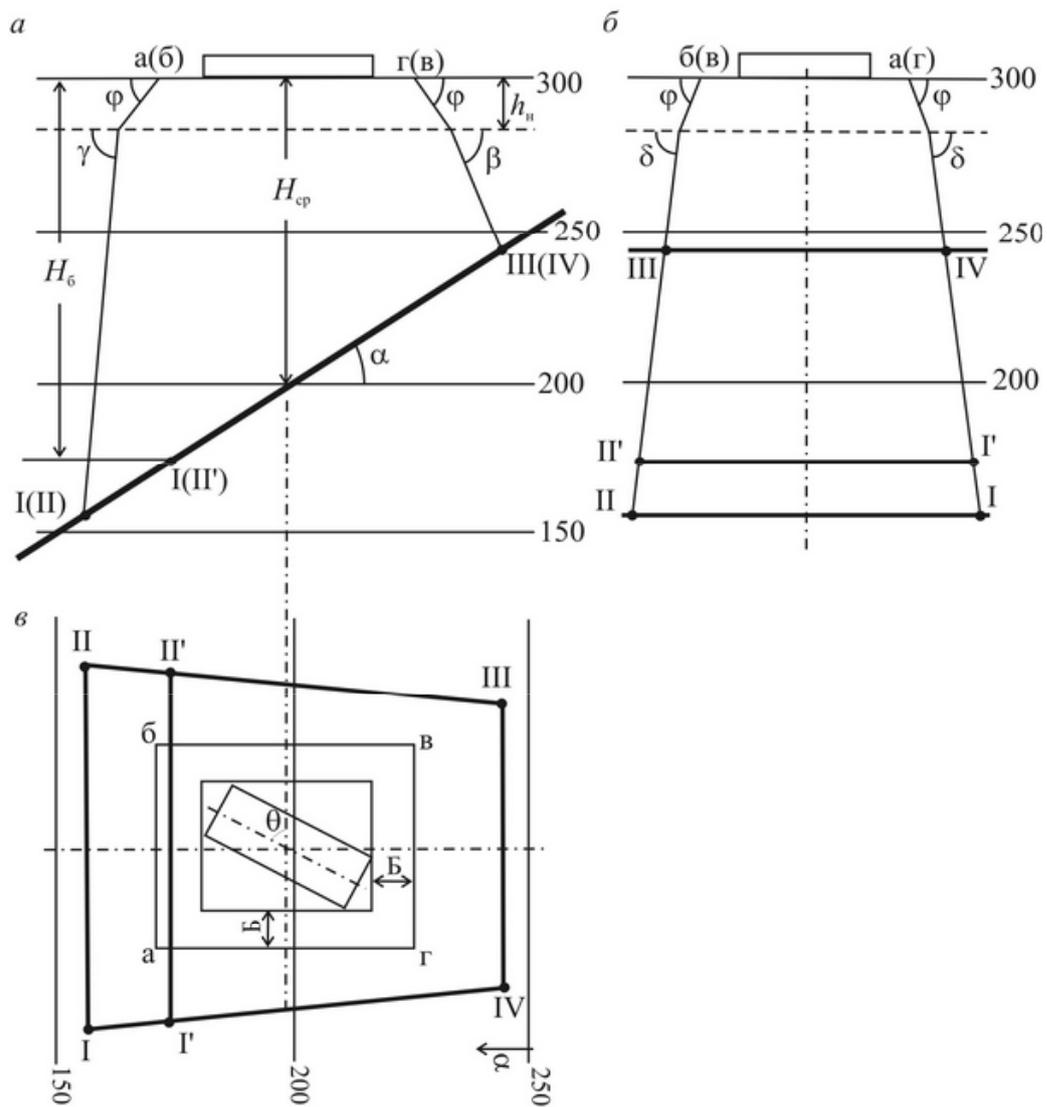


Рис. 3.1. Построение предохранительного щелика под здание (сооружение) способом вертикальных разрезов: *a* – разрез вкрест простираия пласта; *b* – разрез по простираию; *v* – план