

# ПОДЗЕМНЫЕ ВЕРТИКАЛЬНЫЕ СЪЕМКИ

Подземные вертикальные съемки (подземное нивелирование) производятся на горных предприятиях для получения высот отдельных точек, заложенных в горных выработках, для задания выработкам определенного уклона, построения профилей и разрезов по различным сечениям горных выработок, определения высотных отметок характерных точек залежи (пласта) полезного ископаемого. В зависимости от методов и применяемых высотомерных приборов различают несколько видов подземной вертикальной съемки (геометрическое, тригонометрическое, гидростатическое, барометрическое и др.), из которых наибольшее распространение в практике маркшейдерских работ получили геометрическое и тригонометрическое нивелирование. Геометрическое нивелирование применяется в выработках с углами наклона до  $5^{\circ}$ , тригонометрическое – в выработках, имеющих углы наклона более  $5^{\circ}$ .

Вертикальные съемки в шахтах (рудниках) приводятся к уровню Балтийского моря. В пределах каждого шахтного поля на промплощадке закладывается три репера или больше, высоты которых определены нивелированием не ниже IV класса. От них определяют высоты реперов, расположенных в околоствольных выработках. От последних развиваются высотные опорные сети по всему шахтному полю в виде замкнутых, разомкнутых и висячих ходов в прямом и обратном направлениях.

Высотные опорные сети являются основой для создания и развития высотного съемочного обоснования в виде замкнутых и разомкнутых ходов, пункты которых в дальнейшем служат базой для проведения вертикальной съемки подземных горных выработок.

При производстве подземных вертикальных съемок горнорабочий маркшейдерской службы должен знать технологию производства данного вида маркшейдерских работ, рациональную организацию труда на рабочем месте, требования, предъявляемые к качеству выполняемых съемок, виды брака, способы его предупреждения и устранения. Он должен уметь выполнять работы под руководством маркшейдера при создании высотных опорных и съемочных сетей в подземных условиях, производстве нивелирных ходов (разбивать, закреплять и маркировать маркшейдерские реперы, устанавливать приборы, освещать отвесы и деления на рейках при съемках в горных выработках и др.) выполнении съемки подробностей от точек высотного обоснования с занесением ее результатов и эскизов в рабочую книжку.

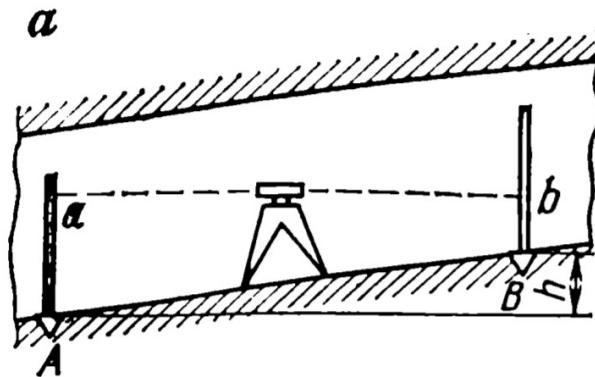
### ВЫСОТНЫЕ МАРКШЕЙДЕРСКИЕ ПУНКТЫ (РЕПЕРЫ)

В зависимости от сроков их существования и способа закрепления высотные маркшейдерские знаки (реперы) разделяют на постоянные и временные. Первые следует закладывать в местах, обеспечивающих возможность их долговременного использования. Вторые закладывают в промежутках между постоянными в виде временных центров. Постоянные реперы закрепляют в коренных породах в почве, боках и кровле выработки, а также в фундаментах стационарных подземных установок. Конструктивно они могут быть выполнены такими же, как и постоянные пункты плановой подземной маркшейдерской опорной сети. Как правило, реперы закладывают в местах, наименее подверженных влиянию очистных работ (в выработках околоствольного двора, основных горнокапитальных выработках и т. п.). Временные высотные пункты закрепляют центрами, конструкции которых аналогичны конструкциям временных плановых пунктов маркшейдерской опорной сети. Их закрепляют в верхняках деревянной крепи, на болтах металлической крепи, в деревянных пробках, забитых в специально пробуренных шпурах, и др. Как правило, пользование временными реперами допустимо после проверки неизменности их высотного положения. Для опознавания реперов к стойкам крепи прикрепляются марки с буквой «Р» и номером репера; если реперы расположены в выработках без крепления, на стенках выработки масляной краской наносят надписи с соответствующей информацией, заменяющей марки. Данные о заложенных реперах (с указанием размеров, положения в выработке, даты закладки и т. д.). фиксируют в специальном журнале.

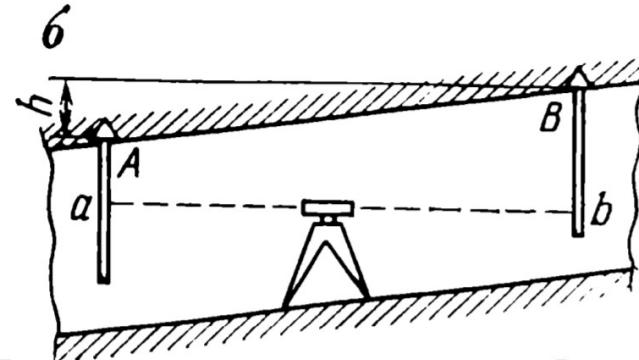
## ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ НИВЕЛИРОВАНИЕ В ГОРНЫХ ВЫРАБОТКАХ

Геометрическое нивелирование в горных выработках выполняется способом из середины с использованием нивелиров и нивелирных реек. Выполнение геометрического нивелирования в подземных условиях принципиально не отличается от нивелирования на поверхности, однако схемы нивелирования в горных выработках отличаются большим разнообразием, так как реперы могут располагаться как в кровле, так и в почве выработок. Возможны следующие схемы геометрического нивелирования в подземных выработках.

1. Нивелирование ведется по реперам, расположенным в почве выработки. В данном случае превышение пункта В над пунктом А определяется разностью отсчетов по рейкам, установленным на задней и передней точках:  $h = a - b$  (здесь  $h$  — превышение,  $a$  — отсчет по задней рейке,  $b$  — отсчет по передней рейке).

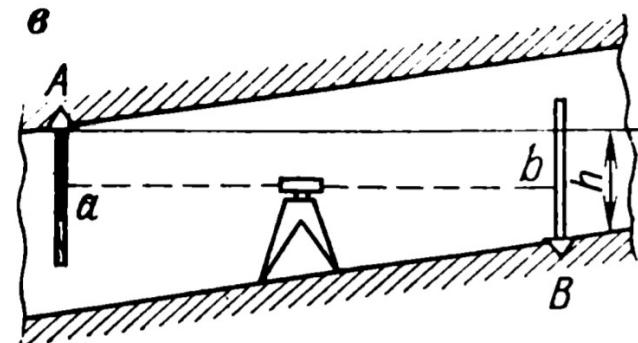


2. Нивелирование ведется по реперам, заложенным в кровлю выработки. Превышение равно разности отсчетов, сделанных по рейкам, подвешенным на передней и задней точках:  $h = b - a$ .

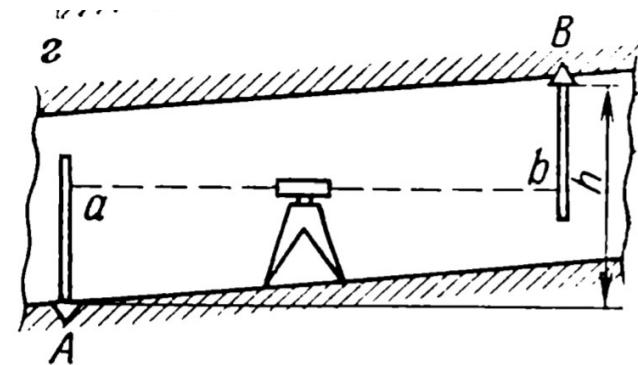


3. Нивелирование ведется по реперам, из которых задний закреплен в кровле, а передний — в почве выработки. Превышение равно сумме отсчетов по рейкам со знаком минус:  

$$h = -(a + b).$$



4. Нивелирование ведется по реперам, из которых задний закреплен в почве, а передний — в кровле выработки. Превышение переднего репера над задним равно сумме отсчетов по обеим рейкам:  $h = a + b$ .



Рассмотренные схемы могут быть объединены одним правилом: **превышение между реперами при геометрическом нивелировании равно заднему отсчету минус передний отсчет, при этом отсчет по рейке на репере, расположеннном в почве выработки, считается положительным, а отсчет по рейке на репере, расположенном в кровле выработки,— отрицательным.**

Например, задний репер находится в почве, передний — в кровле, тогда отсчет  $b$  по переднему реперу имеет знак минус, отсчет  $a$  по заднему — плюс. Превышение с учетом знаков  $h = a - (-b) = a + b$ .

Геометрическое нивелирование в горных выработках обычна выполняется с целью определения высот плановых пунктов опорной и съемочной сетей, а также для составления профилей транспортных путей.

При определении высот пунктов опорной и съемочной сетей нивелирные ходы прокладывают в виде замкнутых полигонов или висячих ходов в прямом и обратном направлениях. До начала нивелирования проверяют незыблемость исходных реперов. Расхождения между ранее установленными контрольными превышениями и превышениями для исходных реперов не должны быть более 30 мм. При нивелировании из середины неравенство плеч для расстояний между рейками 100 м не должно превышать 7—8 м. Отсчеты по рейкам берутся с точностью до 1 мм, расхождения в превышениях на станции — не более 10 мм.

При геометрическом нивелировании в подземных выработках способом из середины работы на станции выполняется в соответствии с порядком. Если разность двух превышений будет допустимой, то заднюю рейку снимают со связующей точки, последовательно устанавливают на промежуточные пикеты и берут отсчеты по одной стороне (черной). После окончания работ на одной станции нивелир переносят на следующую стоянку (станцию), рейку с заднего пикета устанавливают вертикально на передний связующий пикет нового интервала нивелирования, вторую оставляют на месте. Все работы на последующих станциях повторяются в указанной последовательности. Результаты нивелирования записывают в журнал

Для составления профиля транспортных путей производят нивелирование по пикетным точкам через 10 или 20 м. Нивелирные ходы прокладывают между пунктами высотной опорной сети или от одного такого пункта, но в прямом и обратном направлениях. Нивелир устанавливают примерно посередине между связующими пикетными точками; отсчеты по рейкам берут до миллиметров.

Пикеты отмечаются мелом на одном из рельсов и закрепляются каким-либо образом на боковых стенках. Расстояние от связующего пикета до нивелира не должно превышать 50 м. При нивелировании в качестве исходного репера может служить последняя пикетная точка предыдущего нивелирования с обязательным контролем последнего превышения, которое не должно отличаться более чем на 1 см. Одновременно с выполнением нивелирования измеряют высоту выработки на каждой пикетной точке. Запись результатов нивелирования пикетных точек производится в полевом журнале.

Камеральная обработка геометрического нивелирования заключается в проверке полевых журналов, вычислении превышений на станциях, постраничном контроле, уравнивании вычисленных превышений, вычислении высот пунктов и пикетов. Вычисление высот производится в специальном журнале, форма которого приведена в Инструкции. Сущность камеральной обработки заключается в следующем.

На каждой станции вычисляют два превышения по обеим сторонам реек. Затем вычисляют средние значения превышений как среднее арифметическое из двух превышений. Правильность вычислений проверяют с помощью постраничного контроля, который выполняется по формуле

$$\sum Z - \sum \Pi = \sum h_{\text{ч}} - \sum h_{\text{к}} = 2h_{\text{ср}},$$

где  $\sum Z$  – сумма отсчетов по рейкам, установленным на задних точках;  $\sum \Pi$  – сумма отсчетов по рейкам, установленным на передних точках;  $\sum h_{\text{ч}}$  и  $\sum h_{\text{к}}$  – суммы превышений, полученных соответственно по черной и красной сторонам реек;  $h_{\text{ср}}$  – сумма средних значений превышений.

Невязка в замкнутом ходе  $f_h = \sum h$  невязка в ходе, проложенном между реперами,

$$f_h = \sum h_i - (H_A - H_B),$$

где  $H_A$ ,  $H_B$  – высоты исходных реперов. Невязки ходов для определения высот пунктов не должны превышать  $f_{h_{\text{доп}}} = \pm 50\sqrt{L}$ , где  $L$  – длина хода, км. Допустимые невязки в виде поправок, вычисляемых по формуле

$$\delta_h = \frac{nf_h}{N},$$

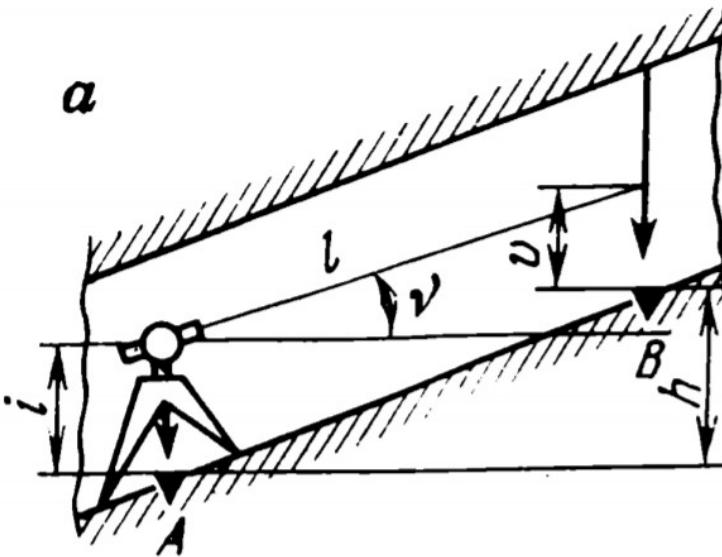
где  $n$  – число станций в ходе, в превышения которых вводят поправки;  $N$  – число станций всего хода, вводят с обратным знаком в превышения (т. е. распределяют поровну на все превышения). Сумма поправок должна быть равна фактической невязке, взятой с обратным знаком.

Используя исправленные превышения, вычисляют высоты точек по формуле  $H_i = H_{i-1} + h_i$ , где  $H_{i-1}$  и  $H_i$  – высоты соответственно предыдущей и последующей точек;  $h_i$  – превышение между этими точками. Для станций с промежуточными точками вычисляют горизонт прибора по формуле  $\Gamma\text{П} = H_b + b$ , где  $H_b$  – высота задней точки;  $b$  – отсчет по черной стороне рейки, установленной на задней точке. Если точка расположена в почве выработки, то при вычислении  $\Gamma\text{П}$  отсчету придается знак плюс, если в кровле – знак минус. Высоты промежуточных точек (пикетов) определяют через горизонт прибора по формуле  $H_c = \Gamma\text{П} + c$ , где  $H_c$  – высота промежуточной точки,  $c$  – отсчет по рейке, установленной в этой точке. Если рейка установлена в почве выработки, то отсчет имеет знак минус, если в кровле, то знак плюс.

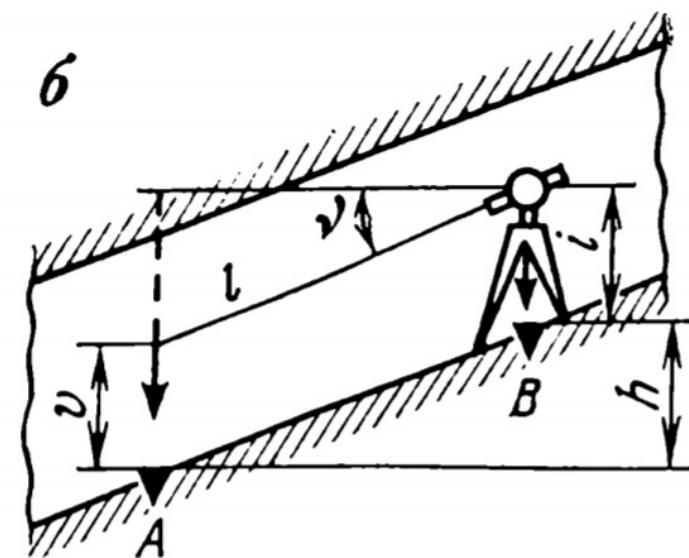
## ТРИГОНОМЕТРИЧЕСКОЕ НИВЕЛИРОВАНИЕ

Тригонометрическое нивелирование выполняется теодолитами с точностью отсчетных приспособлений вертикального круга не ниже  $30''$ . Рассмотрим некоторые возможные схемы тригонометрического нивелирования в горных выработках.

1. Нивелируемые точки расположены в почве выработки. Требуется определить превышение пункта В над пунктом А. При этом теодолит для измерения угла наклона стороны АВ можно установить или в точке А, или в точке В. Поместим его вначале над пунктом А, а над пунктом В расположим отвес, на котором должна быть отмечена или выбрана какая-нибудь точка (например, точка входа нити в отвес, острие отвеса и т. п.). На эту точку производят визирование зрительной трубы. Превышение в данном случае можно вычислить по формуле

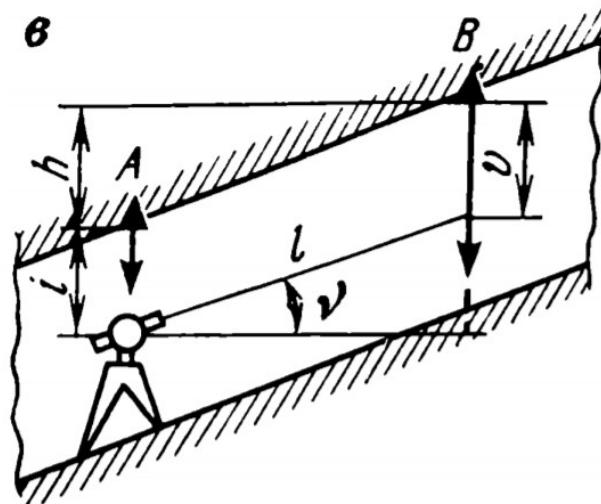


$$h = l \cdot \sin v + i - v$$

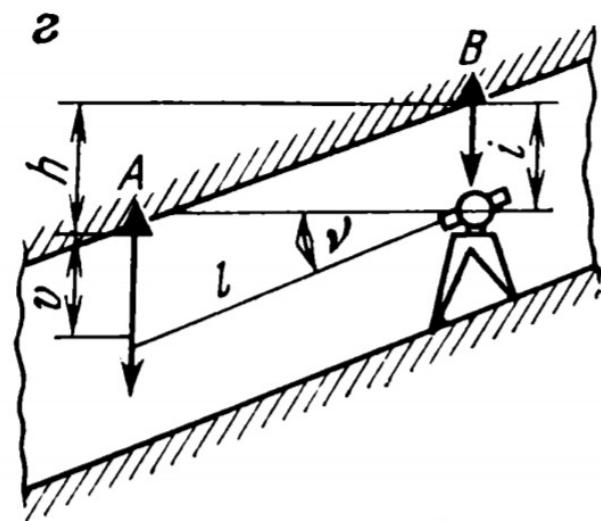


$$h = l \cdot \sin v + v - i$$

2. Нивелируемые точки расположены в кровле выработки. В данном случае возможны также два варианта установки теодолита: в пункте А и в пункте В. В первом случае превышение определится по формуле



$$h = l \cdot \sin i + \omega - v$$

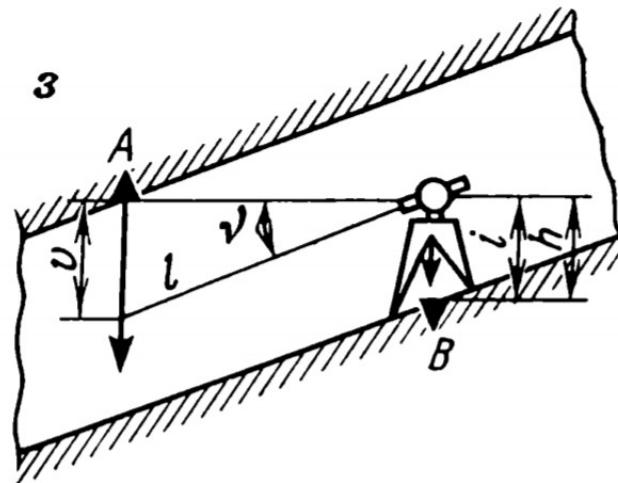
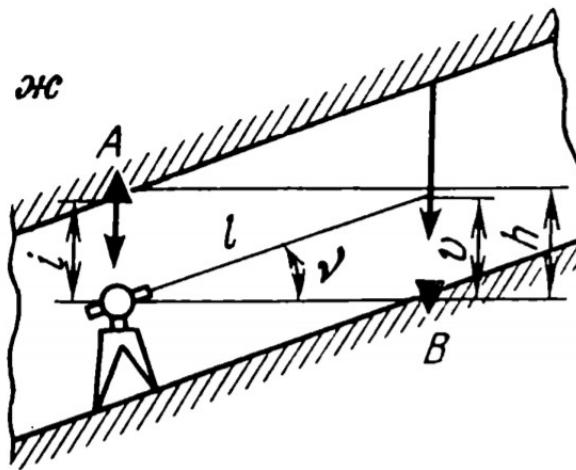
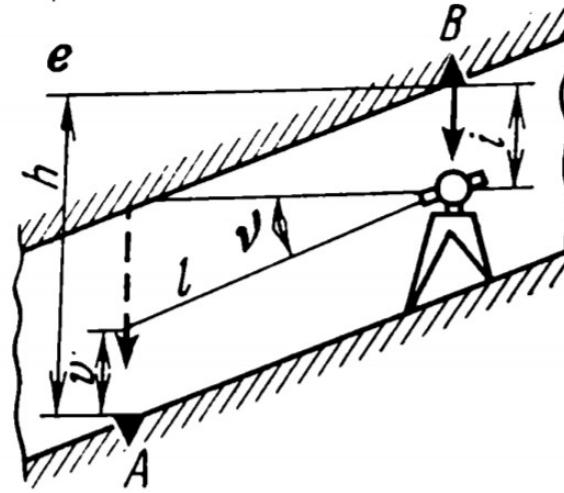
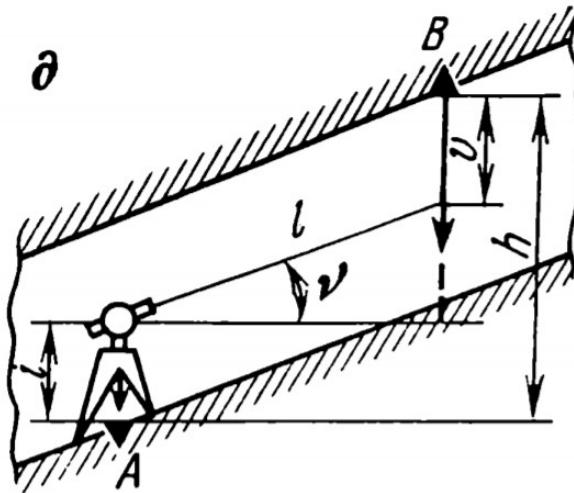


во втором — по формуле

$$h = l \cdot \sin i + v - \omega$$

3. Нивелируемые точки расположены следующим образом: нижняя в почве и верхняя в кровле выработки (*д*, *е*) и, наоборот, нижняя в кровле и верхняя в почве выработки (*ж*, *з*). Согласно рисунку как при положительном, так и при отрицательном значении угла наклона следует использовать формулу

$$h = l \cdot \sin \nu + v + i$$



Тригонометрическое нивелирование производится при определении высот пунктов опорной и съемочной сетей и выполнении вертикальной съемки транспортных путей в наклонных выработках.

***Определение высот пунктов опорной сети тригонометрическим нивелированием производят одновременно с проложением полигонометрического хода.*** Высоту инструмента и визирования измеряют рулеткой с погрешностью до 1 мм.

Измерение длин линий выполняется в соответствии с требованиями для линейных измерений в подземных полигонометрических ходах. Углы наклона измеряют одним приемом в прямом и обратном направлениях. Контролем правильности измерений является постоянство места нуля. Допустимое расхождение между значениями места нуля для одной станции 1,5'.

Каждое превышение определяется дважды – из прямого и обратного ходов. Разность превышений для одной и той же линии не должна превышать  $0,04l$ , мм ( $l$  – длина линии, м).

Превышение из двух измерений прямого и обратного направлений определяется как среднее арифметическое значение. Расхождения в превышениях всего хода не должны быть более  $f_{h_{\text{доп}}} = \pm 100\sqrt{L}$ , мм ( $L$  – длина хода, км).

Поправки  $\delta_h$  в вычисленные средние превышения получают путем распределения невязки хода на каждое превышение пропорционально длинам сторон. Вычисление высот пунктов тригонометрического нивелирования производится в журнале.

***Определение высот пунктов съемочной сети тригонометрическим нивелированием производят одновременно с проложением теодолитных или угломерных ходов.*** Высоту прибора и визирования измеряют рулеткой с погрешностью до 1 см. Измерение длин линий выполняется в соответствии с требованиями для линейных измерений в подземных теодолитных и угломерных ходах. Углы наклона измеряют в прямом и обратном направлениях. Расхождение между превышениями одной и той же стороны не должно быть более 1 : 1000 ее длины. Место нуля определяют в начале и конце хода, при этом допустимое расхождение не должно быть более 3'. Невязки не должны превышать  $f_{h_{\text{доп}}} = \pm 120\sqrt{L}$ , мм ( $L$  – длина хода, км). Поправки в превышения получают путем распределения невязки хода поровну на каждое превышение. Вычисление высот пунктов тригонометрического нивелирования производят в журнале.

*Вертикальная съемка транспортных путей* с помощью тригонометрического нивелирования производится теодолитом, зрительную трубу которого устанавливают под углом наклона выработки. При этом измеряют вертикальные расстояния от головки рельса до визирного луча трубы теодолита. Линейные измерения на каждой пикетной точке выполняют дважды. Разность между двумя измерениями не должна быть более 10 мм. За окончательный результат принимается среднее значение.

Вопросы:

1. Общее понятие о подземном нивелировании (цель, задачи, точность и порядок выполнения)
2. Высотные маркшейдерские пункты
3. Геометрическое нивелирование в горных выработках
4. Тригонометрическое нивелирование в горных выработках
5. Точность и порядок выполнения определения высот пунктов опорной сети тригонометрическим нивелированием производят одновременно с проложением полигонометрического хода.
6. Точность и порядок выполнения определения высот пунктов опорной сети тригонометрическим нивелированием производят одновременно с проложением полигонометрического хода.
7. Вертикальная съемка транспортных путей