

Лекция 9. Продолжение темы «Геометрическое нивелирование»

1. Поверки и юстировки уровенных нивелиров.

Поверками называют действия, имеющие целью выявить, выполнены ли геометрические условия, предъявляемые к инструменту.

Каждая поверка теодолита состоит из трех частей. *Первая часть* – геометрическое условие, которое выражает требование, предъявляемое к взаимному расположению осей теодолита. *Вторая часть* – проверка этого условия. *Третья* – исправление выявленных нарушений геометрического условия. Исправление нарушенных условий называется *юстировкой* инструмента.

1. Поверка круглого уровня. *Ось круглого уровня должна быть параллельна вертикальной оси нивелира.*

Приводят пузырек круглого уровня в нуль-пункт с помощью трех подъемных винтов, затем поворачивают нивелир на 180° вокруг вертикальной оси. Если пузырек уровня остался на середине, то условие выполнено. Если же пузырек отклонился от центра, то исправительными винтами круглого уровня его перемещают на половину дуги отклонения, а подъемными винтами приводят в нуль-пункт. После этого нивелир снова поворачивают на 180° и в случае, если он вновь сойдет с нуль пункта, производят вторичное исправление.

2. Поверка установки сетки нитей. *Горизонтальная нить сетки нитей должна быть перпендикулярна к вертикальной оси нивелира, то есть быть горизонтальной.*

Эта поверка выполняется так:

- поставить рейку в 30 м от нивелира;
- навести трубу на рейку;

установить изображение рейки в центре сетки нитей: элевационным винтом привести пузырёк уровня в нуль-пункт; взять отсчёт по рейке b_0 ;

– наводящим винтом трубы сместить изображение рейки влево, затем вправо; оба раза взять отсчёты по горизонтальной нити $b_л$ и $b_п$ соответственно. Если отсчёты $b_л$ и $b_п$ отличаются от b_0 более, чем на 1 мм, сетку нитей нужно развернуть. Для исключения влияния наклона горизонтальной нити нужно всегда устанавливать изображение рейки точно в центре сетки нитей.

Эту поверку можно выполнить с помощью отвеса. Для этого в 20 м от нивелира подвешивают отвес, наводят на него трубу и проверяют совпадение вертикальной нити сетки с нитью отвеса.

3. Поверка главного геометрического условия. *Визирная ось зрительной трубы должна быть параллельна оси цилиндрического уровня.*

Поверка выполняется двойным нивелированием из середины и вперед.

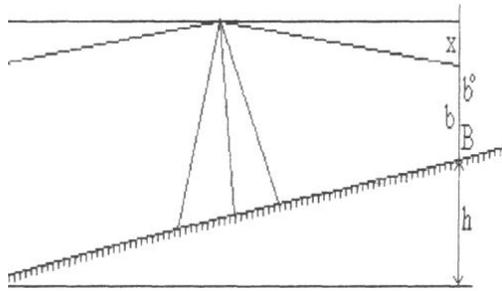


Рис.4-а

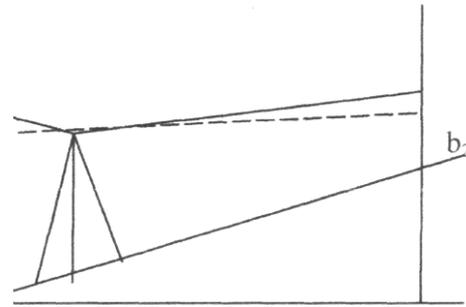


Рис. 4-б

Нивелир устанавливают точно посередине между рейками (рис.4-а). С помощью круглого уровня прибор приводят в рабочее положение. Затем последовательно визируют на рейку в точке А берут отсчет a_1 и рейку в точке В берут отсчет b_1 .

Затем вычисляют превышение по формуле.

$$h_1 = a_1 - b_1$$

Оно будет правильным так как оба отсчета искажены на одну и ту же величину x .

Затем нивелир переносят к одной из реек и устанавливают на расстоянии 2,5 м (рис.4-б). Приводят в рабочее положение по круглому уровню, а затем берут отсчеты a_2 и b_2 . Вычисляют превышение

$$h_2 = a_2 - b_2$$

После этого определяют ошибку x .

$$x = h_2 - h_1$$

Если величина x не превышает 5 мм. То главное геометрическое условие выполнено. В противном случае выполняют юстировку:

- вычисляют правильный отсчет по рейке в т.В

$$b'_2 = a_2 - h_1$$

– исправление нивелира аналогично с 1-ым способом.

2. *Нивелирные рейки, технические требования и методы их проверок.*

1. *Нивелирные рейки, технические требования и методы их проверок.*

Нивелирные рейки представляют собой деревянные бруски, изготовленные из древесины отборного сорта. Длиною 1,5 ; 3 и 4 м и толщиной 2-3 см, на рейки наносят шашечные деления и арабскими цифрами подписывают значения дециметров. Начало каждого десятого деления обозначаются черточками. Для прочности верхние и нижние концы реек оковывают железом.

Рейки бывают односторонние, когда деления нанесены на одной стороне, и двусторонние с делениями на двух сторонах. Двусторонние рейки имеют на одной стороне чередующиеся деления черного и белого цвета (*черная сторона*), а на другой стороне - красного и белого цвета (*красная сторона*). На черных сторонах реек счет делений ведут от нуля, на красных от произвольных чисел. В результате разность отсчетов по двум сторонам одной пары реек является постоянной величиной и называется *пяткой реек*. В литературе разность пяток называют также разностью нулей рейки.

Использование в работе черной и красной сторон реек позволяет контролировать процесс нивелирования и повышать точность определения превышений.

Согласно ГОСТ нивелирные рейки изготавливают трех видов:

РН-05 односторонние штриховые рейки для нивелирования I и II классов с погрешностью 0.5 мм на 1 км хода.

РН-3 двусторонние шашечные рейки для нивелирования III и IV классов с погрешностью 3 мм на 1 км хода;

3. РН-10 двусторонние шашечные рейки для технического нивелирования с погрешностью 10 мм на 1 км хода.

3. Работа и контроль на станции при техническом нивелировании

Определение высот точек съемочной геодезической сети производится путем проложения ходов технического нивелирования. На небольшой территории может быть проложена система замкнутых ходов (полигонов) в условной системе высот. На значительных территориях высоты пунктов получают путем проложения одиночных ходов или полигонов в системе государственной нивелирной сети.

Для технического нивелирования используют нивелиры Н-10, Н-3 и рейки РН-3, РН-10. Отсчеты по рейке берут по средней нити.

Работу на станции выполняют в следующей последовательности:

1. На крайние точки А и В нивелируемой линии устанавливают рейки и примерно на равном удалении от них - нивелир. Неравенство плеч на станции не должно превышать 10 м;

2. Нивелир приводят в рабочее положение, наводят трубу на заднюю рейку и берут отсчет по черной $a_{ч}$, а затем по красной $a_{к}$ ее стороне;

3. Наводят трубу на переднюю рейку и берут отсчеты сначала по черной, а затем по красной стороне $b_{ч}$ и $b_{к}$;

4. Если кроме крайних точек А и В необходимо определить высоты D_1, D_2, D_n промежуточных точек, то заднюю рейку последовательно устанавливают на эти точки и берут отсчеты d_1, d_2, \dots, d_n по черной стороне. При выполнении ответственных работ отсчеты на промежуточных точках производят по обеим сторонам рейки. Лишь при использовании уровенных нивелиров перед каждым отсчетом пузырек приводят в нуль-пункт;

5. Для контроля вычисляют *разность нулей (пяток)* передней $c_{п} = a_{к} - a_{ч}$ и задней $c_{з} = b_{к} - b_{ч}$ реек. Расхождение разности нулей по абсолютной величине не должно превышать 5 мм;

6. На каждой станции вычисляют значения превышений, определяемых по черным и красным сторонам реек: $h_{ч} = a_{ч} - b_{ч}$, $h_{к} = a_{к} - b_{к}$. Измерения считают выполненными правильно, если $|h_{ч} - h_{к}| < 5$ мм;

Высоту передней точки вычисляют по формуле $H_B = H_A + h$.

Высоты промежуточных точек удобно вычислять через горизонт прибора (ГП). ГП - высота визирного луча над исходной уральной поверхностью. $ГП = H_A + a = H_B + b$. Высоты промежуточных точек $H_{ор} = ГП - d_i$

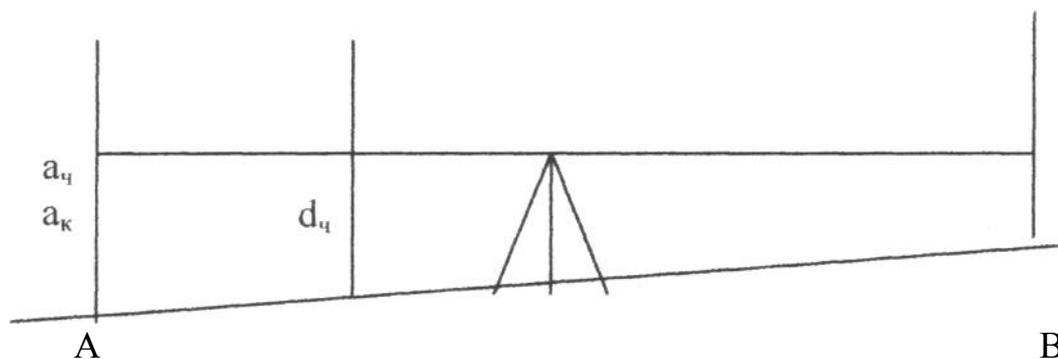


Рис. 1

Случайные и систематические погрешности при нивелировании возникают вследствие недостаточной точности нивелира и реек, неполной юстировки нивелира, влияния внешней среды и нарушения методики измерений.

Для уменьшения приборных погрешностей превышения рекомендуется измерять способом из середины по двум сторонам реек, а рейки удерживать отвесно на устойчивых предметах (нивелирных башмаках, костылях или вбитых в землю кольях). Предельные расстояния от нивелира до реек ограничивают 100-120 м, погрешности измерений превышений на станции в этом случае не превысят 5 мм.

4. Уравнивание нивелирных ходов и полигонов

При техническом нивелировании предельная погрешность измерения превышения на 1 км хода не должна превышать 50 мм.

Одиночные нивелирные ходы по конструкции могут быть *замкнутыми* начинающиеся и заканчивающиеся в одной точке, с высотной привязкой к одному исходному пункту не обязательно включенному в ход), *разомкнутыми* (начинающимися и заканчивающимися на точках исходными высотами), и *висячим* высотной привязкой одному исходному пункту или без высотной привязки).

Ходы прокладывают между реперами с известными высотами (реперами нивелирования 1, 2, 3, 4 классов); допустимая длина хода зависит от его формы. Так, длина разомкнутого (рис.2-а) или замкнутого (рис.2-б) хода может достигать 16 км; длина висячего хода (2-в) не должна превышать 8 км.

В разомкнутом и замкнутом ходах нивелирование выполняют один раз, в висячем ходе - два раза: в прямом и обратном направлениях. При проектировании ходов следует выбирать наиболее удобные для нивелирования пути: дороги, просеки в лесу, берега рек, участки небольшим уклоном и твердым грунтом.

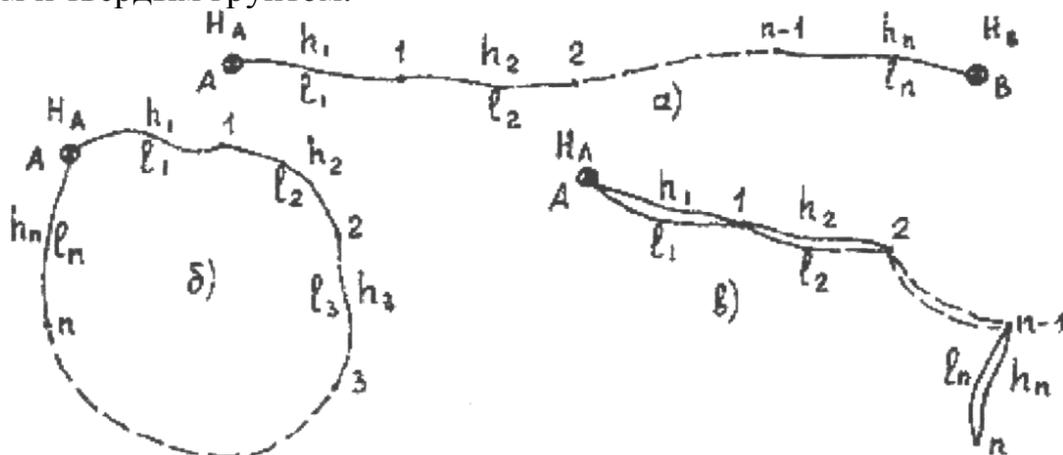


Рис.2

Обозначим в разомкнутом нивелирном ходе:

n - количество станций в ходе (количество измеренных превышений),

h_i - превышение по i -той станции,

L - длина хода,

H_H - высота исходного репера в начале хода,

H_K - высота исходного репера в конце хода.

Количество точек с неизвестными высотами равно $(n-1)$, т.е. в ходе имеется одно избыточное измерение, которое порождает одно геометрическое условие, и, следовательно, вычисление высот необходимо выполнять методом уравнивания.

Запишем формулы для последовательного вычисления высот точек хода:

$$H_1 = H_H + h_1,$$

$$H_2 = H_1 + h_2,$$

.....

$$H_{n-1} = H_{n-2} + h_{n-1},$$

$$H_K = H_{n-1} + h_n.$$

Сложим эти уравнения и получим:

$$(H_1 = H_2 + \dots + H_{n-1}) + H_K = H_H + (H_1 + H_2 + \dots + H_{n-1}) + \sum h$$

или

$$H_K = H_H + \sum h,$$

откуда

$$\sum h = H_K - H_H. \quad (1)$$

Формула (1) представляет собой математическую запись условия, существующего в разомкнутом нивелирном ходе: сумма превышений в нивелирном ходе должна быть равна разности высот конечного и начального исходных реперов. Сумму превышений, подсчитанную по формуле (1), называют *теоретической суммой*.

Сумма измеренных превышений в общем случае не равна теоретической сумме. Тогда невязка в разомкнутом ходе:

$$f_h = \sum h_{np} - \sum h_T. \quad (2)$$

В замкнутом ходе (полигоне) теоретическая сумма превышений (по аналогии с суммой приращений координат) равна нулю ($\sum h_T = 0$), отсюда

$$f_h = \sum h_{np}. \quad (3)$$

т.е. невязка в сумме превышений замкнутого хода равна алгебраической сумме измеренных превышений.

Для *висячих ходов* невязка в превышениях определяется по формуле:

$$f_h = \sum h_{np} - \sum h_{обр} \quad (4)$$

Значение допустимой невязки в превышениях по Инструкции равно:

$$f_{дон} = 50 \text{ мм} \sqrt{L, \text{ км}} \quad (5)$$

При значительных углах наклона местности, когда число станций на 1 км хода превышает 25, допустимую невязку подсчитывают по формуле

$$f_{дон} = 10 \text{ мм} \sqrt{n} \quad (6)$$

где n - число станций в ходе.

При допустимых невязках ($f_h < f_{дон}$) производят уравнивание превышений. Суть которого состоит в распределении невязок поровну в превышения каждой станции или на сумму превышений каждого километра хода со знаком, обратным знаку невязки. Сумма поправок должна быть равна невязке с обратным знаком

$$\sum V_{hi} = -f_h. \quad (7)$$

По исправленным превышениям $h_{испр} = h_i + V_{hi}$ вычисляют высоты точек хода. Заключительным контролем правильности вычислений является получение в конце хода высоты конечного исходного репера.

После завершения полевых работ производят вычислительную обработку результатов нивелирования. В журналах проверяют все полевые записи и

вычисления. Составляют схему высотного обоснования на которую наносят исходные данные (номера и высоты реперов) и результаты нивелирования (длины ходов, число станций, значения превышений, полученные невязки).