

**Тема 9. Высотное
съемочное обоснование.
Нивелирование.**



Сущность и методы нивелирования.

Нивелированием называется измерение превышений с целью определения высот точек.

Путем нивелирования значения высот передают от исходных точек с известными высотами на точки, высоты которых надо определить.

В зависимости от применяемых приборов и методов различают следующие виды нивелирования.

1. **Геометрическое нивелирование** – метод определения превышений путем взятия отсчетов по вертикальным рейкам при горизонтальном луче визирования.

Это – основной метод нивелирования.

Методом геометрического нивелирования создана государственная нивелирная сеть, создаются инженерно-геодезические высотные сети различного назначения.

2. *Тригонометрическое нивелирование* –

метод определения превышения путем измерения вертикального угла и расстояния.

Метод используют при создании высотного обоснования топографических съемок, а также при определении превышений и передаче высот на строительных площадках.

3. **Барометрическое нивелирование** основано на зависимости между высотой и атмосферным давлением.

Для определения превышений измеряют атмосферное давление и температуру в точке с известной высотой и в точках, высоты которых определяют. По разностям давлений вычисляют превышения. Метод применяют при работах в труднодоступной местности, им пользуются геологи, геофизики. Точность измерений невысокая: на равнинной местности – 0.5 м, в горной – 1.5 м.

4. **Гидростатическое нивелирование**

основано на свойстве жидкости в сообщающихся сосудах устанавливаться на одном уровне.

Простейший гидростатический нивелир представляет собой два сосуда с делениями, соединенные шлангом. Систему заполняют дистиллированной водой. Точность метода очень высокая (0,1 мм), поэтому он применяется при монтаже и выверке конструкций по высоте, особенно при работе в стесненных условиях, при передаче отметок через водные преграды, для наблюдений за деформациями сооружений.

5. *Определение превышений и высот точек с помощью спутниковых измерений.*

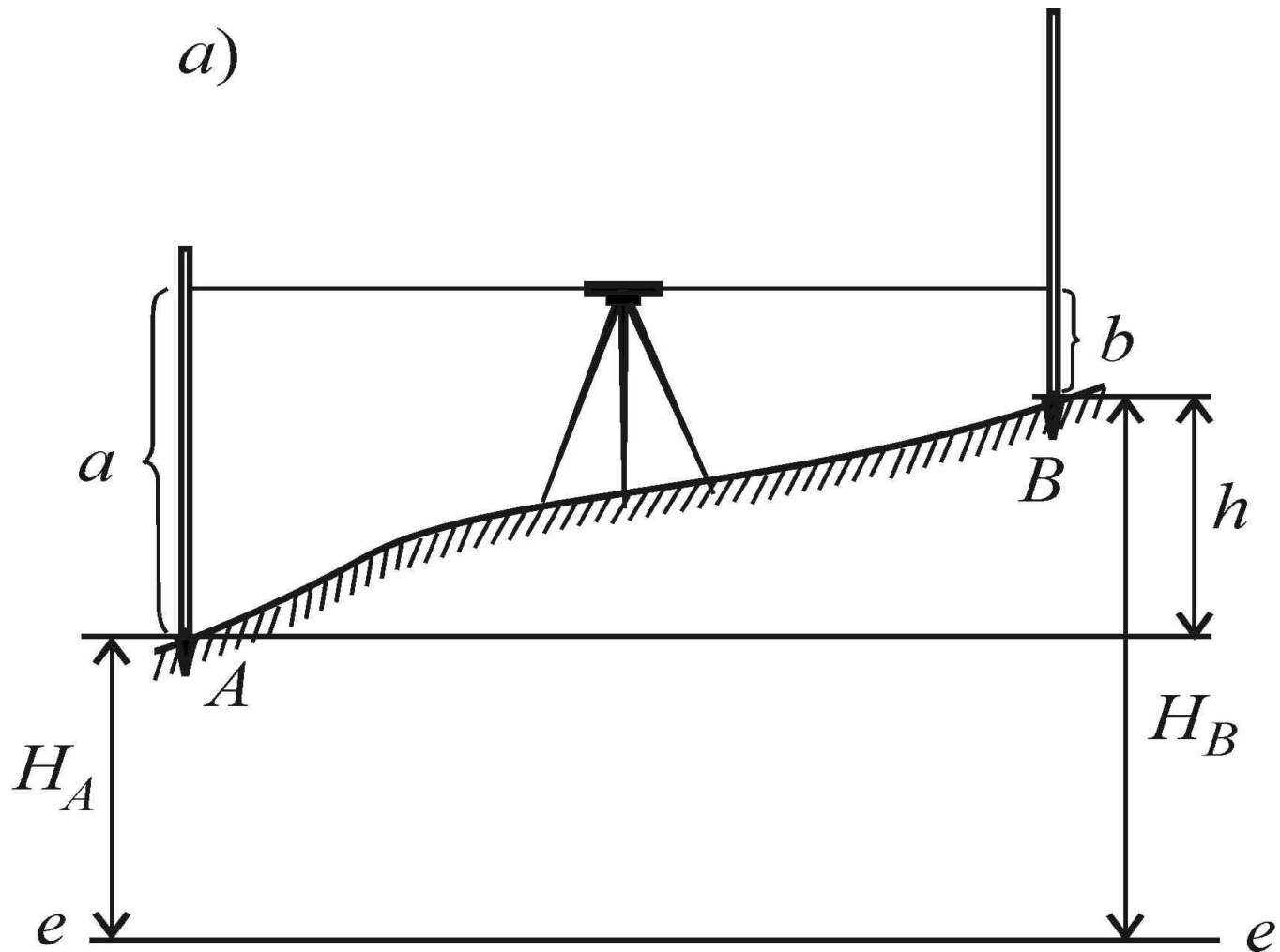
Автономное определение высот точек аппаратурой ГЛОНАСС и *GPS* выполняется с точностью нескольких метров, а определение превышений между точками – с точностью 10 – 15 мм.

Способы геометрического нивелирования.

Геометрическое нивелирование выполняют, используя нивелир и нивелирные рейки.

Нивелир – прибор, в котором визирный луч приводится в горизонтальное положение.

Геометрическое нивелирование выполняют двумя способами – “***из середины***” и “***вперед***”.



a) Нивелирование «из середины»

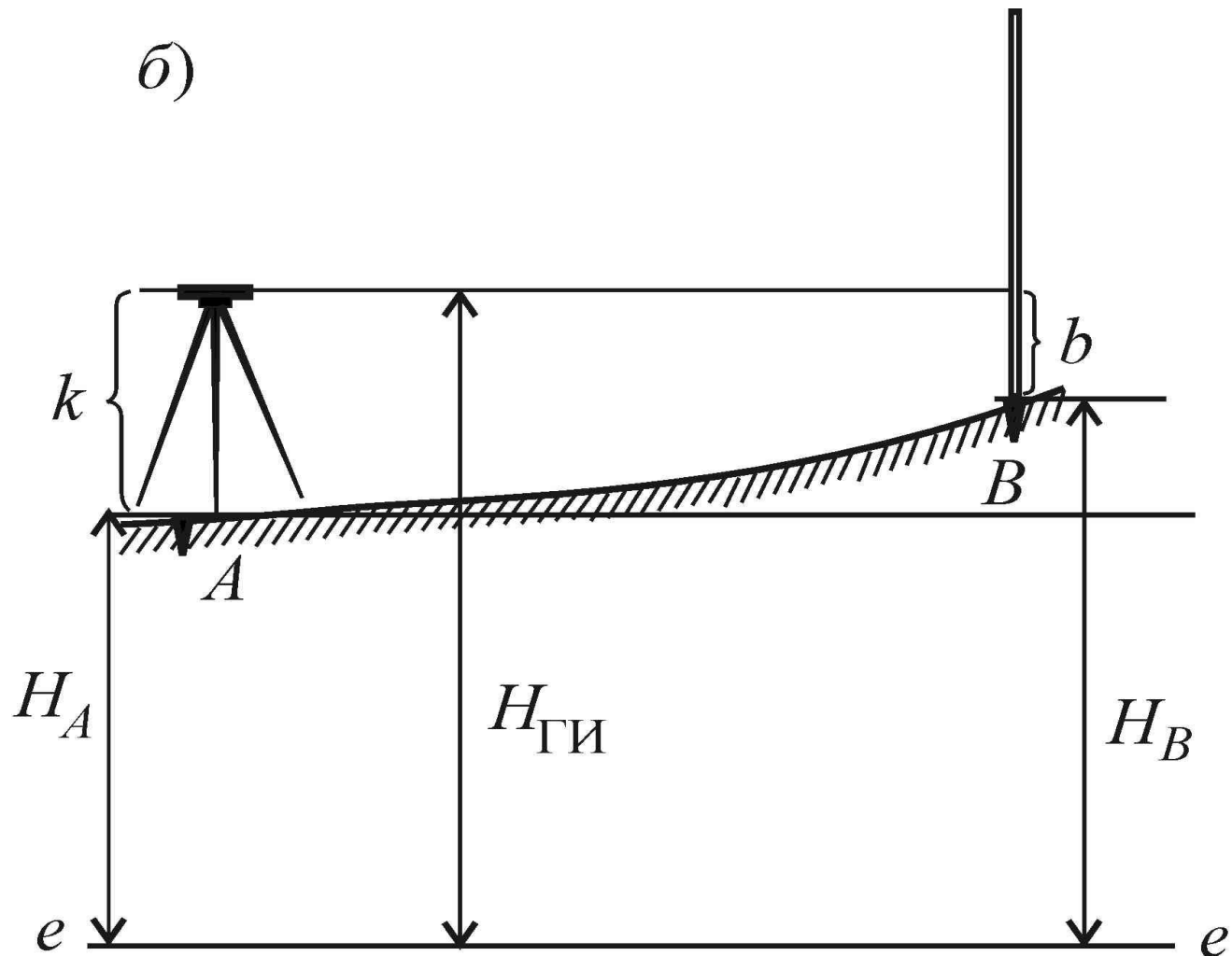
ee – исходная уровенная поверхность

Превышение вычисляют по формуле:

$$h_{AB} = a - b$$

Если известна высота H_A точки A , то высоту H_B точки B вычисляют по формуле:

$$H_B = H_A + h_{AB}$$



б) Нивелирование «вперед»

ee – исходная уровенная поверхность

Превышение вычисляют по формуле:

$$h_{AB} = i - b$$

Если известна высота H_A точки A , то высоту H_B точки B вычисляют по формуле:

$$H_B = H_A + h_{AB}$$

Если требуется с одной стоянки нивелира определить высоты многих точек, то сначала вычисляют общую для всех точек высоту $H_{\text{ГИ}}$ **горизонта инструмента**, то есть высоту визирной оси нивелира:

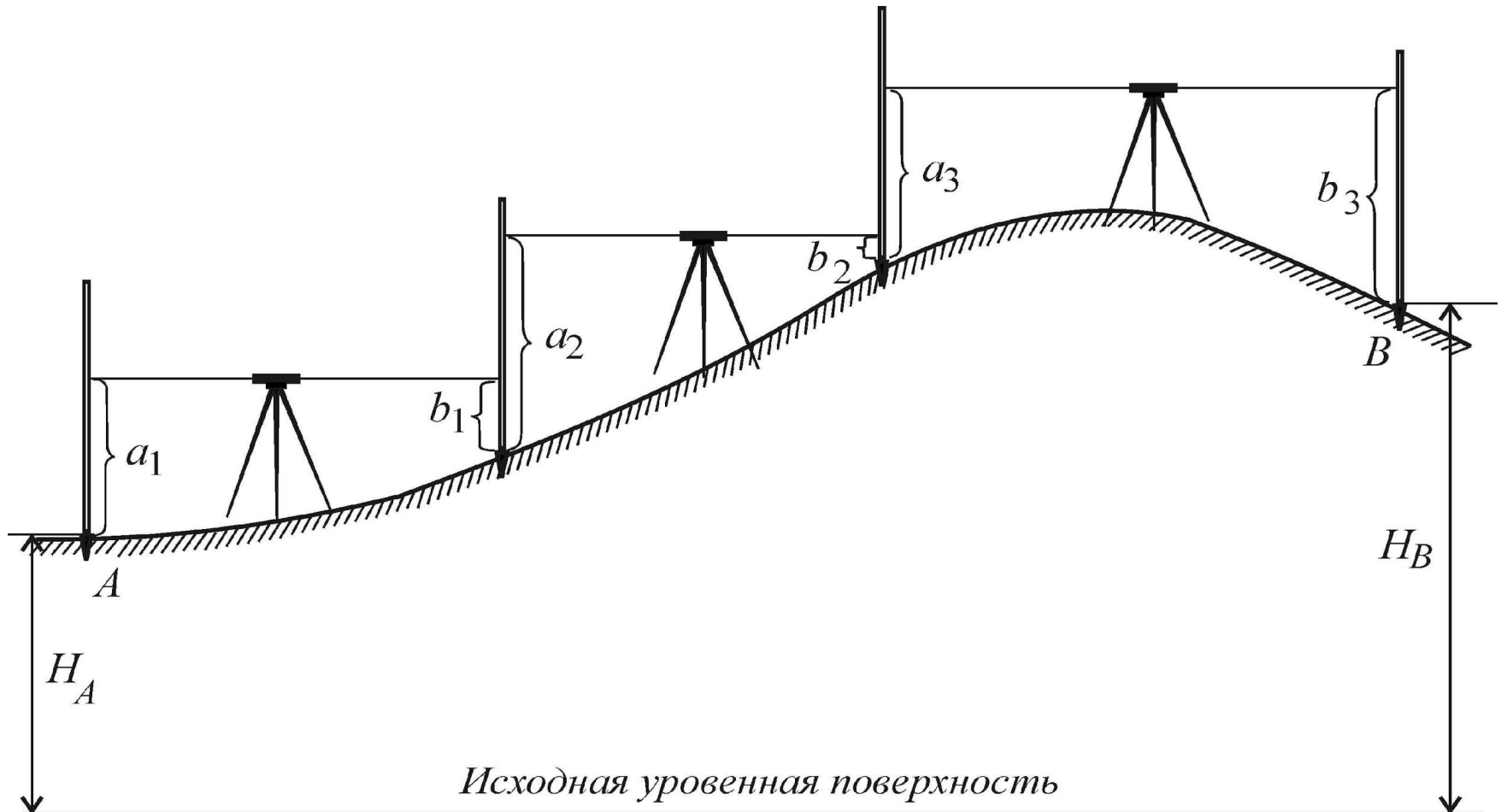
$$H_{\text{ГИ}} = H_A + i,$$

а затем – высоты определяемых точек:

$$H_1 = H_{\text{ГИ}} - b_1,$$

$$H_2 = H_{\text{ГИ}} - b_2, \quad \dots,$$

Если точки A и B , расположены так, что измерить между ними превышение с одной установки нивелира невозможно, превышение измеряют по частям, то есть прокладывают **нивелирный ход**.



Превышения вычисляют по формулам:

$$h_1 = a_1 - b_1;$$

$$h_2 = a_2 - b_2;$$

$$h_3 = a_3 - b_3;$$

Превышение между конечными точками хода A и B равно сумме вычисленных превышений:

$$h_{AB} = h_1 + h_2 + h_3,$$

Классификация и устройство нивелиров.

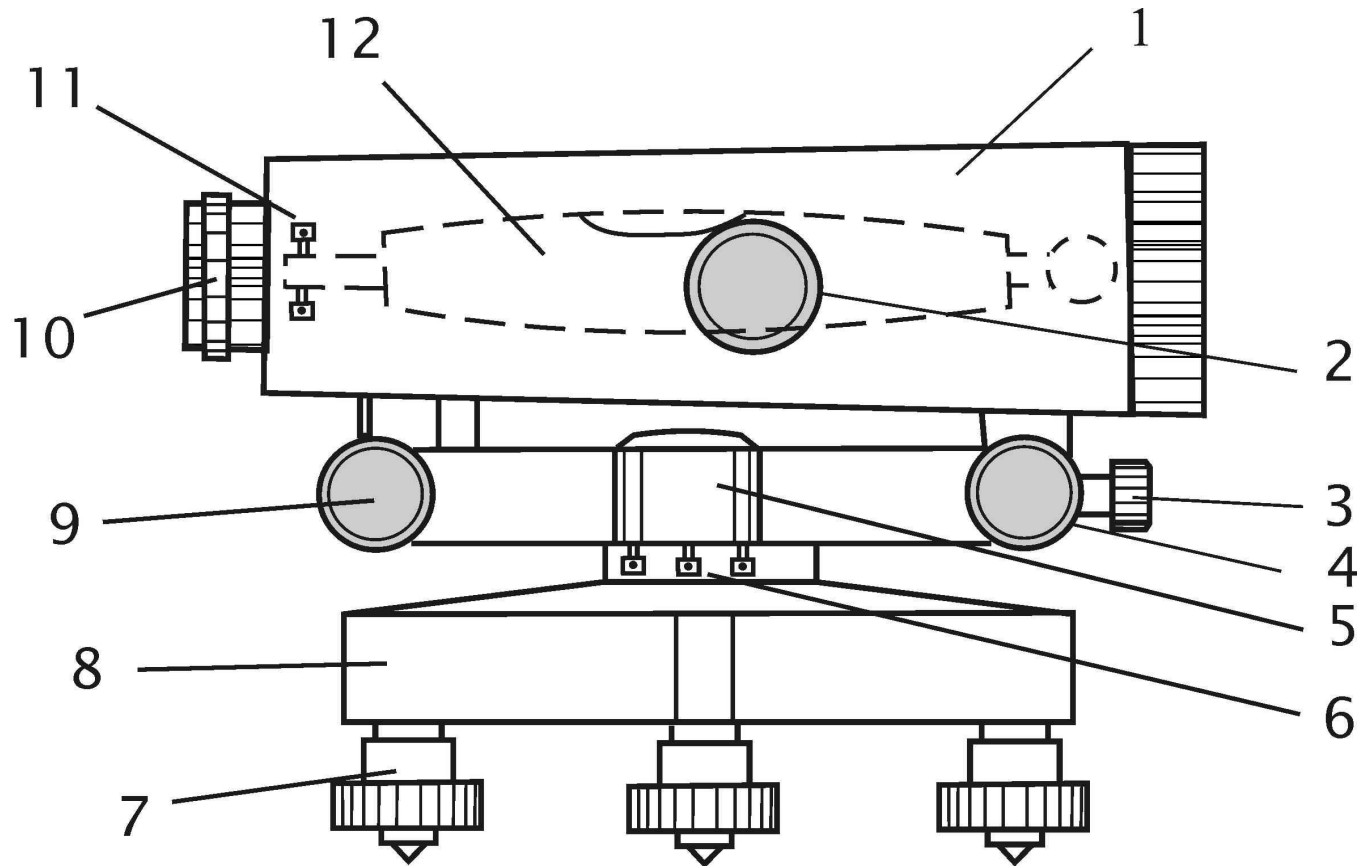
По **устройству** различают следующие типы нивелиров:

- 1. Нивелиры с уровнем при трубе (Н-3, 3Н5Л).*
- 2. Нивелиры с компенсатором углов наклона (Н-3К, 3Н2КЛ).*
- 3. Нивелиры с оптическим микрометром (Н-05).*
- 4. Лазерные нивелиры.*
- 5. Цифровые нивелиры.*

По **точности** нивелиры делят на **высокоточные**, **точные** и **технические** в зависимости от величины средней квадратической погрешности m_h измерения превышения на 1 км двойного хода.

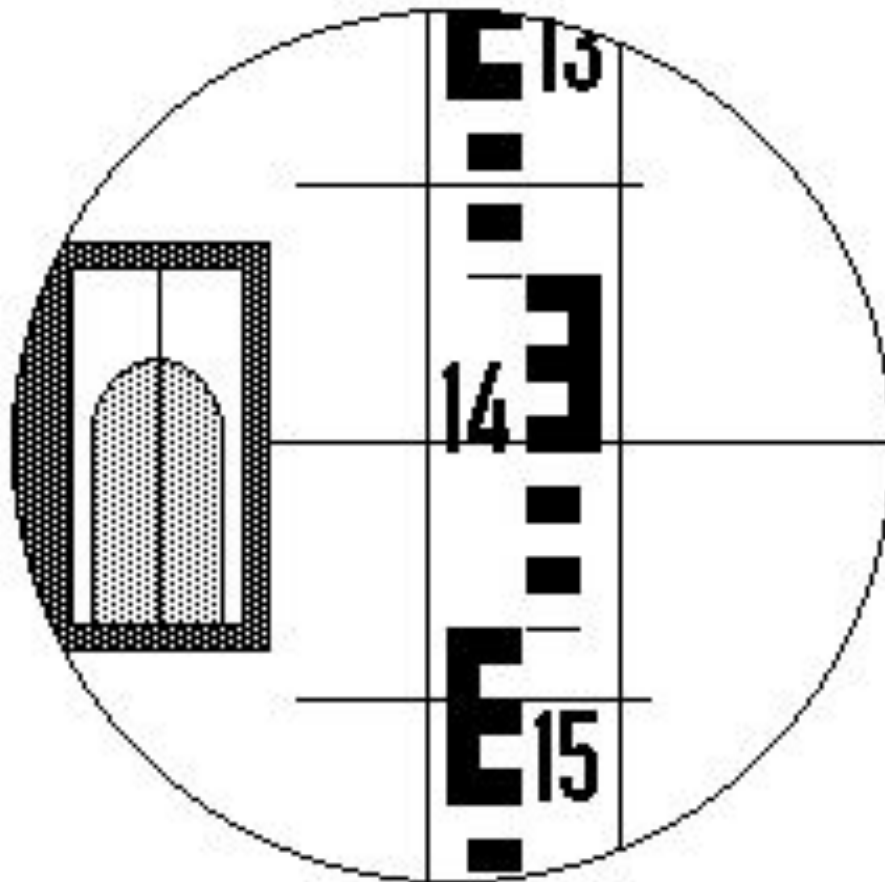
Типы нивелиров	Точность	Примеры нивелиров
Высокоточные	$m_h \leq 0,5$ мм	H-05 (Россия), PL1 (Япония)
Точные	$m_h \leq 3$ мм	ЗН2КЛ, Н-3, Н-3К (Россия), С300 (Япония), DSZ3(Китай)
Технические	$m_h \leq 5$ мм	ЗН5Л (Россия), АТ20D (Китай)

Устройство нивелира Н-3.



1 – зрительная труба; 2 – фокусирующий винт зрительной трубы; 3, 4 – закрепительный и наводящий винты; 5 – круглый уровень; 6 – исправительные винты круглого уровня; 7 – подъемные винты; 8 – подставка; 9 – элевационный винт; 10 – окуляр с диоптрийным кольцом для фокусировки трубы по глазу; 11 – исправительные винты цилиндрического уровня; 12 – цилиндрический уровень.

Отсчет берут по среднему штриху сетки нитей.



Отсчет по рейке равен 1449 мм

Поверки нивелира.

1. Поверка круглого уровня.

Ось круглого уровня должна быть параллельна оси вращения прибора.

2. Поверка цилиндрического уровня.

Ось цилиндрического уровня должна быть параллельна визирной оси зрительной трубы.

Цифровые (электронные) нивелиры

относятся к классу высокотехнологичного измерительного оборудования.

В цифровых нивелирах совмещаются функции: высокоточного оптического нивелира, устройства автоматической фиксации и запоминания данных измерений, программного обеспечения для вывода и обработки полученных данных нивелирования на компьютере.

В основе работы с цифровыми нивелирами лежит использование специальных реек со штрих-кодами, с которых прибор берет отсчет в автоматическом режиме, выводя результат на дисплей.

Участие человека в процессе нивелирования с цифровым прибором минимально, что повышает точность измерений и исключает негативное влияние человеческого фактора.

Обзор элементов цифрового нивелира на примере Trimble DiNi



***Ведущие производители
цифровых нивелиров :***

Trimble (США)

Leica (Швейцария)

Sokkia, Topcon (Япония)

Нивелиры Trimble (США)



DiNi 12, 12T, 22



DiNi 03, 07

Нивелиры Leica (Швейцария)



DNA 03, 10



Sprinter 50, 150, 150M, 250M

Нивелиры Sokkia, Торсон (Япония)



SDL 1X



SDL 30



SDL 50



DL- 101C

Нивелирные сети.

Нивелирная сеть представляет собой совокупность закрепленных на местности точек, высоты которых определены путем геометрического нивелирования.

Основой для определения высот пунктов в РБ служит ***государственная нивелирная сеть I, II, III и IV классов.***

Главной высотной основой страны является государственная нивелирная сеть I и II классов, назначением которой является *распространение единой системы высот на территорию всей страны.*

Нивелирные сети I и II классов используются также для решения таких научных задач, как изучение фигуры физической поверхности Земли и ее гравитационного поля и др.

Государственная нивелирная сеть I

класса имеет наивысшую точность и служит исходной для сетей следующих классов.

Нивелирная сеть II класса опирается на пункты I класса, является ее сгущением.

Невязки в сетях I и II классов не должны превышать соответственно $3\text{мм}\sqrt{L}$ и $5\text{мм}\sqrt{L}$,

где L – длина нивелирного хода, выраженная в километрах.

Нивелирные сети III и IV классов

опираются на сеть I и II классов и служат основой для создания высотного обоснования топографических съемок местности и решения различных инженерных задач.

Невязки в таких сетях не должны превышать соответственно **10мм** \sqrt{L} и **20мм** \sqrt{L}

Пункты государственной нивелирной сети надежно закрепляют на местности с помощью знаков – **реперов**.

В зависимости от условий местности и характера грунта реперы бывают **грунтовые, скальные и стенные**.

Грунтовый репер состоит из

железобетонного пилона сечением 16х16 см с маркой вверху и бетонной плитой (якорем) внизу. Марка должна находиться на 0,5 м ниже поверхности земли, а якорь – не менее чем на 0,5 м ниже глубины сезонного промерзания грунта.

Скальный репер представляет собой вцементированную в скалу чугунную марку.

Стенной репер – представляет собой вцементированную в стену чугунную марку с выступом для установки на него нивелирной рейки или отверстием для ее подвешивания.

Стенные реперы закладывают в цокольной части фундаментальных зданий или сооружений.

На застроенной территории реперы закладывают не реже, чем через **5 км**, а *на незастроенной* – не реже, чем через **7 км**.

Техническое нивелирование.

На изысканиях железных дорог и других линейных сооружений, при создании высотного съемочного обоснования выполняют ***техническое нивелирование.***

Ход технического нивелирования начинают и заканчивают на пунктах более *высокого* класса.

По форме такие ходы бывают ***разомкнутыми*** или ***замкнутыми.***

Нивелир устанавливают на равных расстояниях от передней и задней реек. При этом расстояния до реек не должны превышать 150 м.

Отсчеты по рейкам берут по среднему штриху сетки нитей, придерживаясь следующей последовательности:

- 1. отсчет по **черной** стороне **задней** рейки,*
- 2. отсчет по **черной** стороне **передней** рейки,*
- 3. отсчет по **красной** стороне **передней** рейки,*
- 4. отсчет по **красной** стороне **задней** рейки.*

Контролем точности измерений в ходе служит невязка f_h , которую вычисляют по формулам:

- в разомкнутом ходе

$$f_h = \sum h_{\text{ср}} - (H_{\text{кон}} - H_{\text{нач}});$$

- в замкнутом ходе

$$f_h = \sum h_{\text{ср}}.$$

Здесь $\sum h_{\text{ср}}$ – сумма средних превышений в ходе; $H_{\text{кон}}$ и $H_{\text{нач}}$ – высоты конечного и начального реперов.

Невязка f_h считается допустимой, если она не превышает $50\text{мм} \cdot \sqrt{L}$, где L – длина хода, выраженная в километрах.

Невязку равномерно распределяют в измеренные превышения.

Поправку к превышению вычисляют по формуле

$$\delta_h = -f_h/n,$$

где n – число превышений в ходе.

Поправками исправляют измеренные превышения:

$$h'_i = h_i + \delta_h$$

Используя исправленные превышения, последовательно вычисляют отметки всех точек нивелирного хода.

$$H_{i+1} = H_i + h'_i \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$