

ЛЕКЦИЯ 7.

Нивелирование. Высотное обоснование геодезических работ.

- 1. Общие сведения о государственных нивелирных сетях (ГНС).**
- 2. Сущность, задачи и способы нивелирования.**
- 3. Типы нивелиров и реек.**
- 4. Схема устройства и поверки нивелира Н-3.**
- 5. Техническое нивелирование и его ошибки.**

1. Государственные нивелирные сети (Г.Н.С.). Требования точности в государственных нивелирных сетях

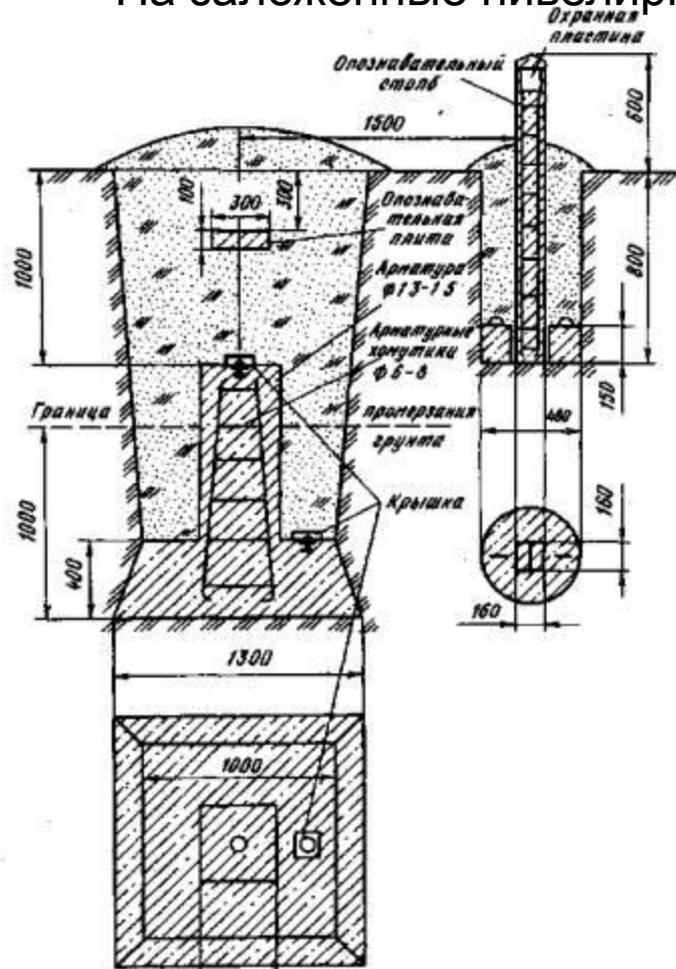
Г.Н.С. России является высотной основой топографических съёмок всех масштабов и геодезических измерений.

Работа по созданию Г.Н.С. ведётся в соответствии с инструкцией по нивелированию I, II, III, и IV классов.

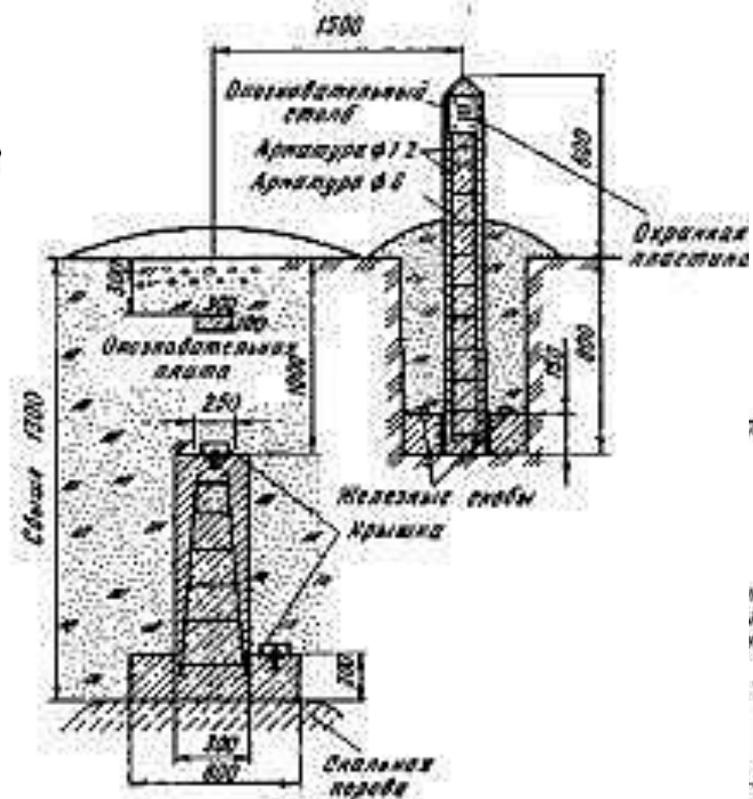
Главная высотная сеть страны – I и II класс – основа единой системы высот на территории России. Высоты пунктов Г.Н.С. России считаются от нуля Кронштадтского футштока (Балтийская система высот).

Нивелирные линии всех классов закрепляются на местности реперами и марками через 5-7 км (10-15 в недоступных районах), тип знака (фундаментальный или рядовой) должен соответствовать требованиям инструкции. На всех линиях I и II классов через 50 – 80 км закладываются фундаментальные реперы (на расстоянии 50-500 м от них закладывают рядовые репер или марку).

На заложенные нивелирные знаки все данные передают в госгеонадзор.

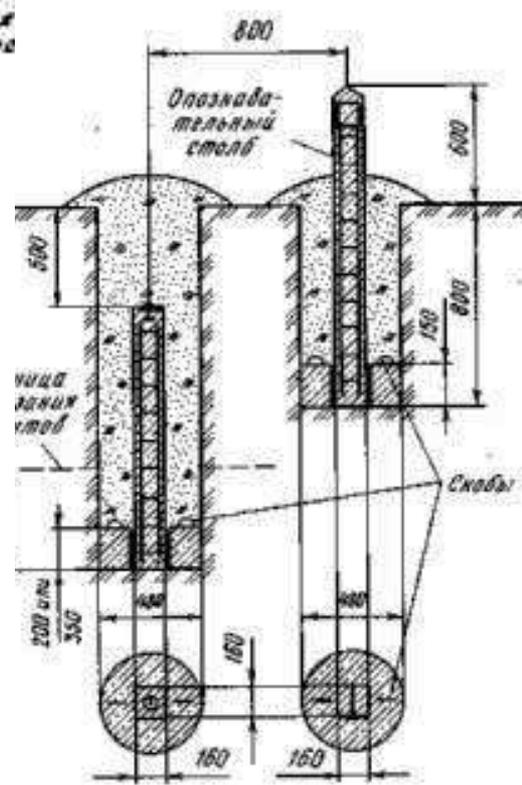


Фундаментальные реперы для скальных грунтов



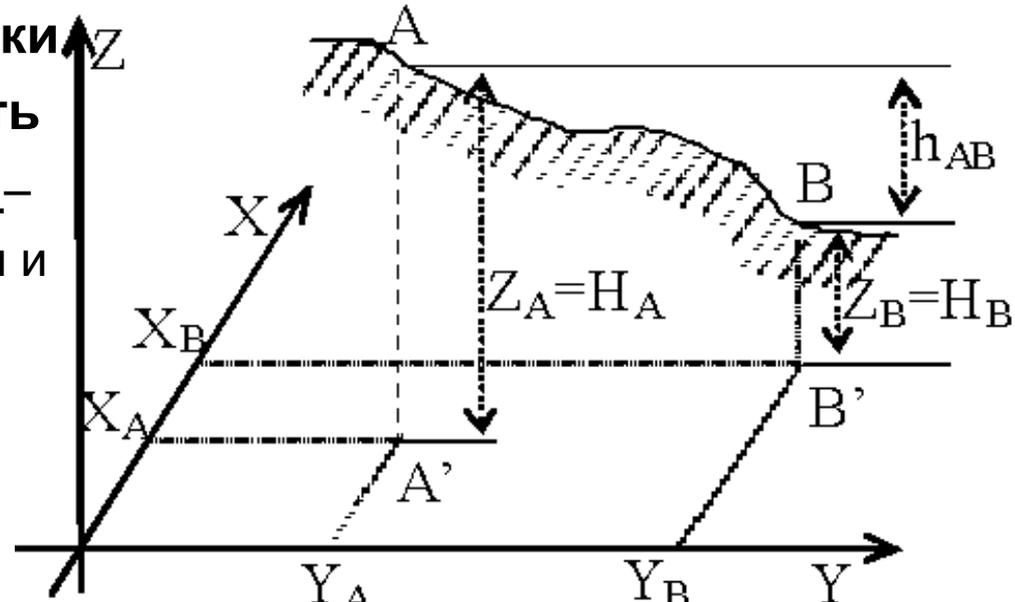
Фундаментальный репер для районов с сезонным промерзанием грунтов

Грунтовой репер.



2. Сущность, задачи и способы нивелирования.

Для определения положения точки в пространстве необходимо знать три координаты: координаты X и Y – для определения планового положения и координату Z – для определения высотного положения точки над уровнем поверхности по отвесной линии.



Число, показывающее высоту точки над уровнем поверхностью называется отметкой точки и обозначается буквой H .

Если отсчет идёт от уровня Балтийского моря (нуль Кронштадтского футштока), то отметки называются абсолютными, если исходная поверхность относительная – отметки от неё называются

относительными.

Разность отметок называется **превышением** и обозначается буквой h

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

Сущность нивелирования состоит в геодезических измерениях на местности для определения превышений и отметок точек.

Две задачи нивелирования:

1. Зная отметку одной точки определить отметки других точек;
2. Построить профиль Земной поверхности по заданному направлению, для чего кроме отметок точек надо знать и расстояния между ними.

Способы нивелирования

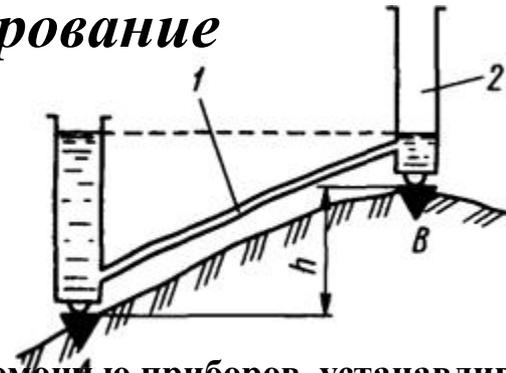
1. Геометрическое нивелирование.

2. Тригонометрическое нивелирование.

3. Барометрическое нивелирование. В основу положена зависимость между атмосферным давлением и высотой точек на местности. Нивелирование выполняют барометрами-анероидами или микробарометрами.

4. Гидростатическое нивелирование

основывается на свойстве жидкостей находиться в сообщающихся сосудах на одном уровне.



5. Механическое нивелирование, выполняется с помощью приборов, устанавливаемых в путеизмерительных вагонах, тележках, автомобилях, которые при движении вычерчивают профиль пройденного пути. Такие приборы называются профилографы

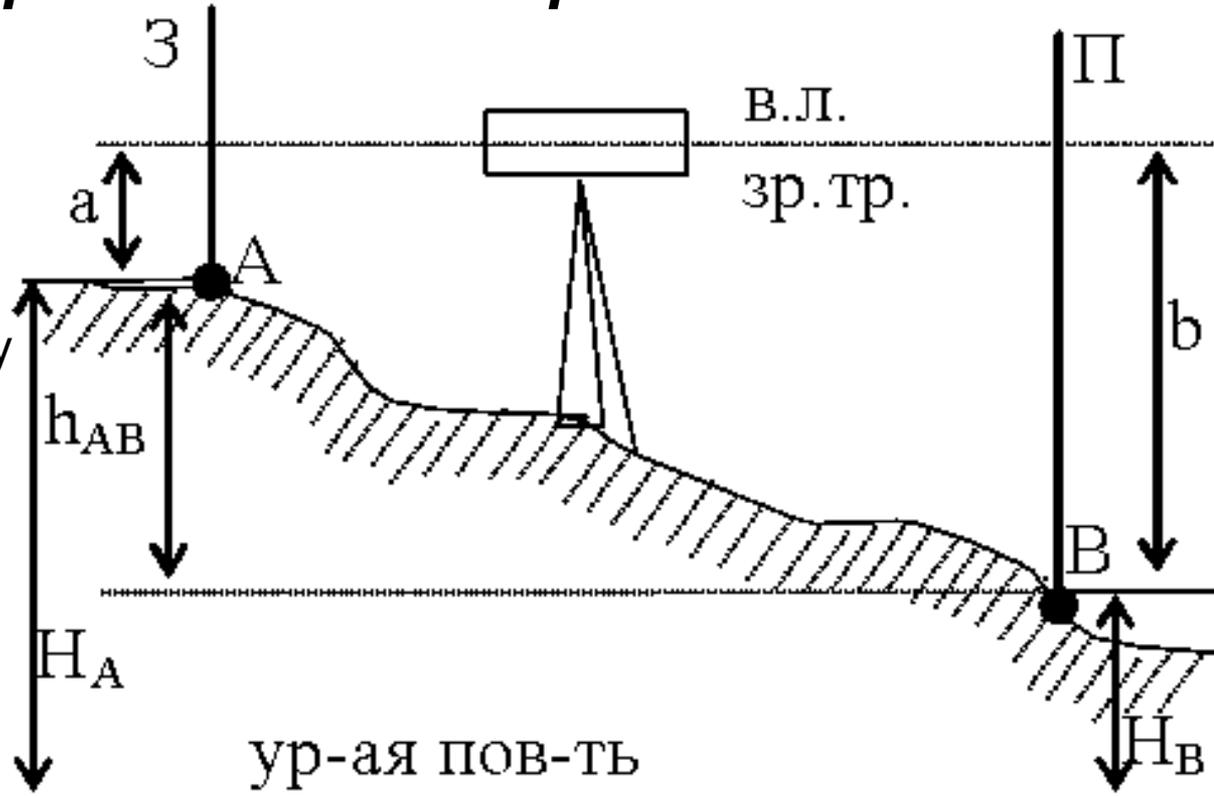
6. Аэрорадионивелирование, превышения определяются путем измерения высот полета летательного аппарата радиовысотомером.

7. Стереофотограмметрическое нивелирование основано на определении превышения по паре фотоснимков одной и той же местности, полученных из двух точек базиса фотографирования.

8. Определение отметок из спутниковых наблюдений (ГЛОНАСС)

1. Геометрическое нивелирование.

Сущность: определение
превышений
горизонтальным
визирным лучом.



$a(З)$ – отсчет по задней по ходу
нивелирования рейке,
 $b(П)$ – отсчет по передней по
ходу нивелирования рейке,
 h – превышение, равное
разности отметок точек B и A .

Превышение можно
вычислить как

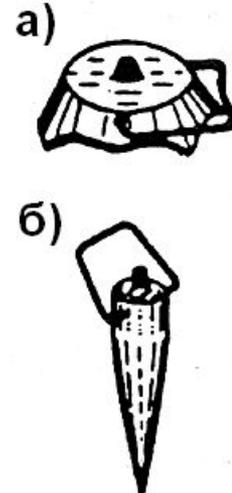
$$h = a - b = З - П$$

Точки закрепляют колышками, башмаками (а) или костылями (б)
на которые вертикально ставят нивелирные рейки.

Место установки нивелира называется станцией, а расстояние от
нивелира до рейки - плечом нивелирования.

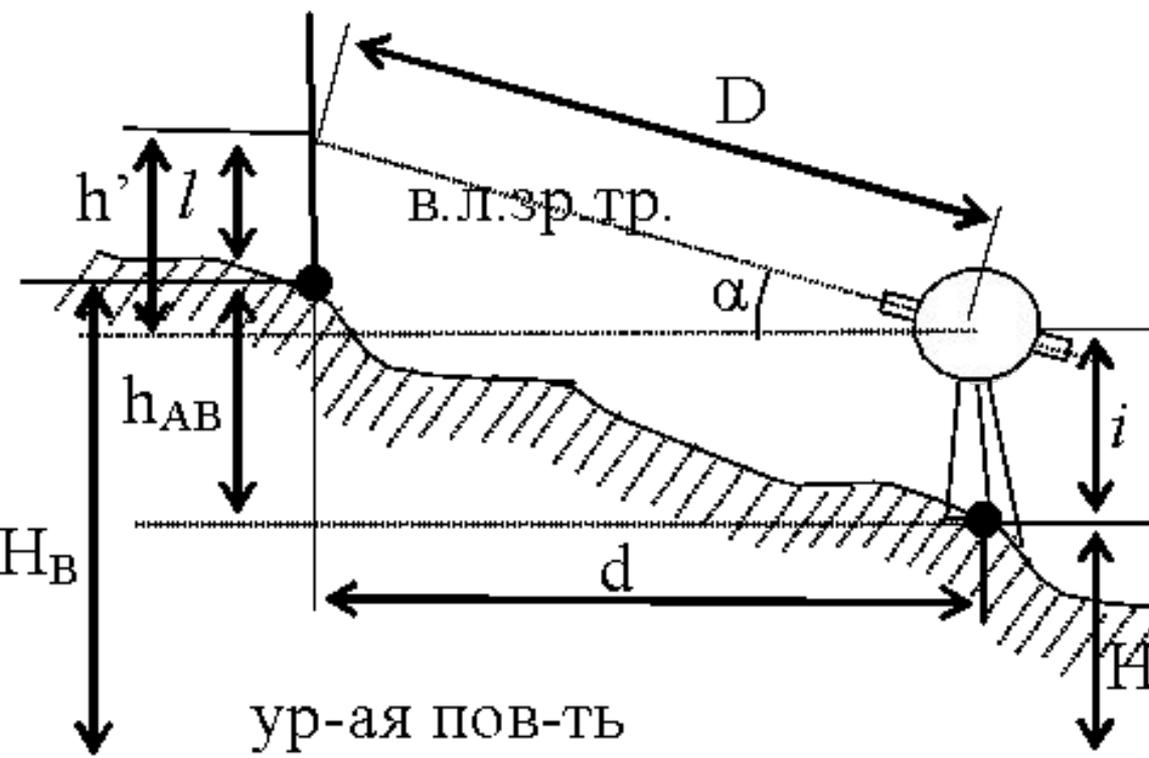
Особенности геометрического нивелирования:

- высокая точность (0,5-50 мм на 1 км нивелирного хода),
- высокая производительность



2. Тригонометрическое(геодезическое) нивелирование

Сущность: определение превышений наклонным визирным лучом по углу его наклона и расстоянию между точками



α – угол наклона визирного луча,
 d – горизонтальное расстояние между точками,
 D – наклонное расстояние между точками,

i – высота инструмента(прибора),
 l – высота наводки (визирования)

h' – превышение вычисленное,
 h – превышение между точками

$$h' = d \cdot \operatorname{tg} \alpha = D \cdot \sin \alpha$$
$$h = h' + (i - l)$$

формулы тригонометрического нивелирования

Точность тригонометрического нивелирования зависит от точности измерения вертикальных углов и расстояний и колеблется от 10 до 100 мм на 1 километр нивелирного хода

Способы геометрического нивелирования

1. Простое нивелирование – одна станция.

Рассмотрим нивелирование «вперёд» и нивелирование «из середины».

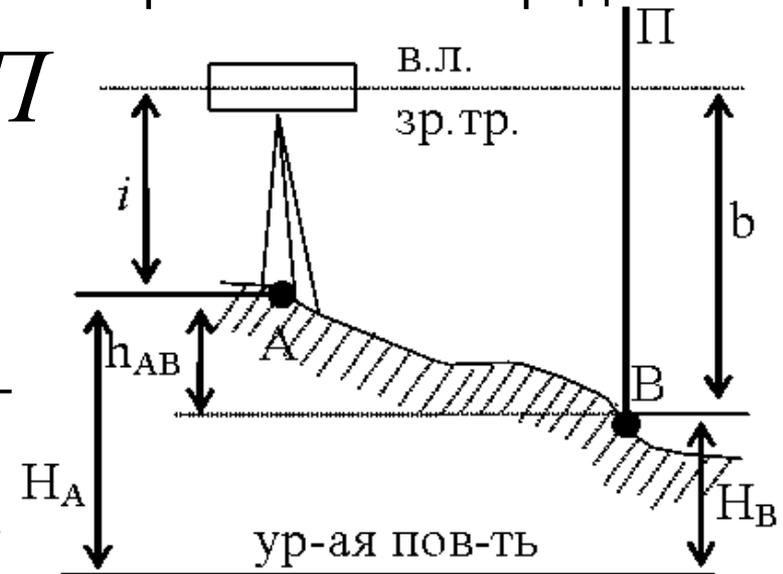
При нивелировании «вперёд» $h = i - П$

При нивелировании «из середины»

$$h = З - П$$

i – высота инструмента,

$З$ и $П$ – отсчеты по задней и передней рейкам –
расстояния от пятки рейки до пересечения
визирной линии с передней плоскостью рейки в
миллиметрах



2. Сложное нивелирование (последовательное, когда между точками расстояние
значительное и одной станции недостаточно)

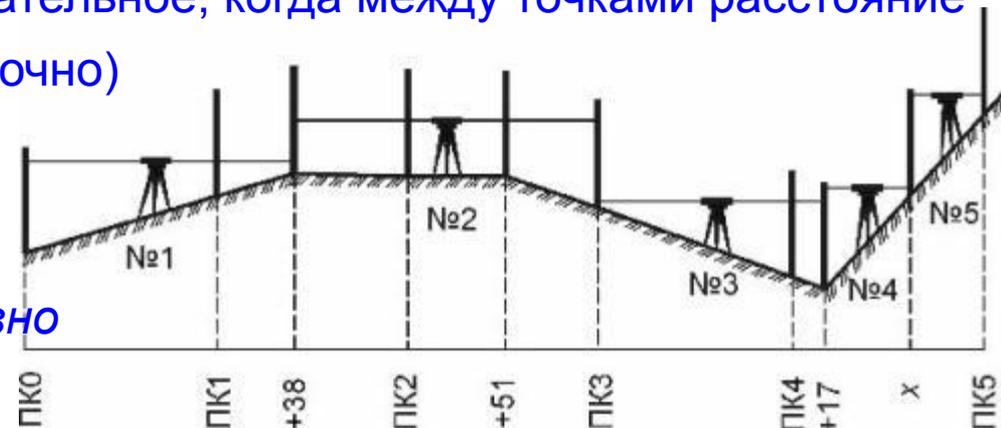
$$h_{\Sigma} = \Sigma h_i = \Sigma З - \Sigma П$$

основная теорема геометрического

нивелирования: превышение точек равно

разности сумм задних и передних

отсчетов.



Способы вычисления отметок:

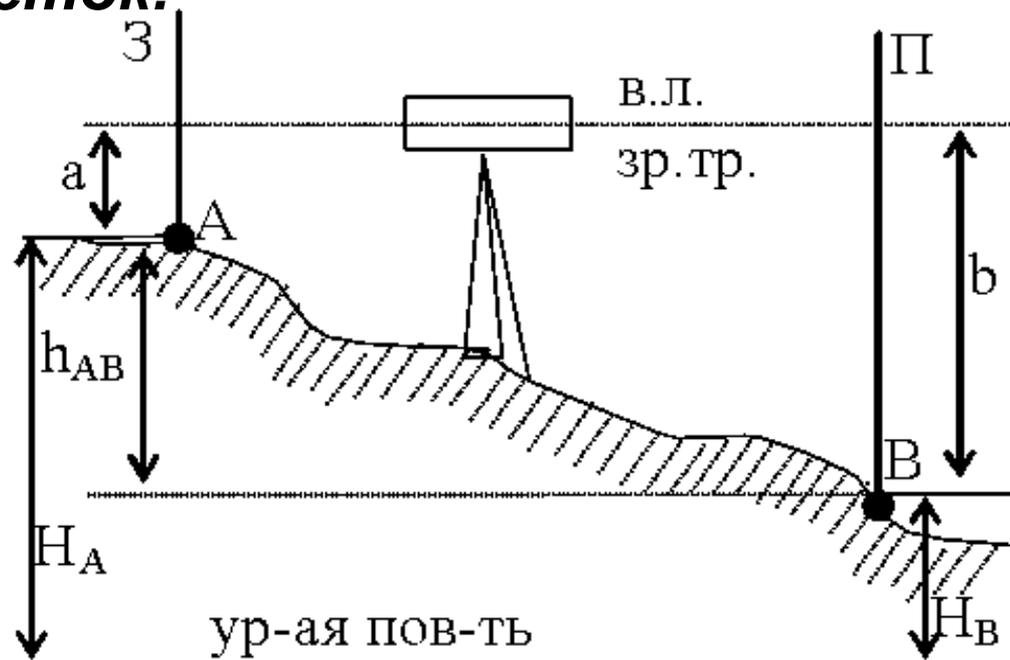
1. Через превышения

Дано: H_A ,
определяем

$$h_{AB} = 3 - \Pi$$

вычисляем

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



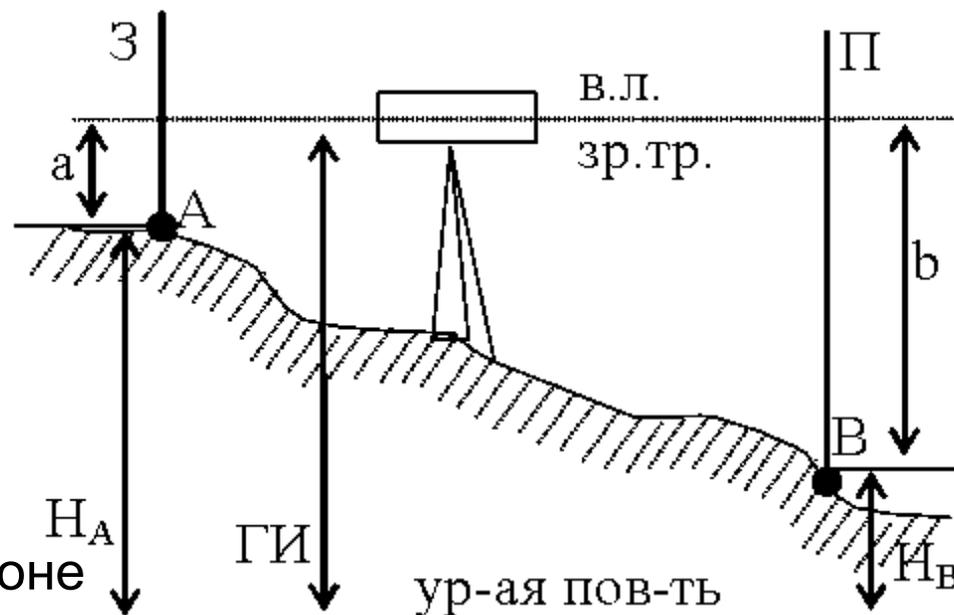
2. Через горизонт инструмента (Г.И.)

Дано: H_A ,
вычисляем

$$\text{Г.И.} = H_A + 3$$

$$H_B = \text{Г.И.} - \Pi$$

Если рейки двусторонние,
вычисления ведутся по чёрной стороне
рек



3. Типы нивелиров и реек.

В зависимости от способа построения горизонтального визирного луча нивелиры бывают *уровенные (Н)* и *самоустанавливающиеся (НК)*

Буква К – означает наличие компенсатора

По ГОСТ 10528-96 в России изготавливаются нивелиры трёх типов:

- **нивелиры высокоточные Н-05, Н-1** СКО определения превышений $\pm 0,5$ и $\pm 1,0$ мм на 1 км нивелирного хода;

- **нивелиры точные Н-3** СКО определения превышений $\pm 3,0$ мм на 1 км нивелирного хода;

- **нивелиры технические Н-10** СКО определения превышений $\pm 10,0$ мм на 1 км нивелирного хода.

По ГОСТ 10158-96 рейки в России изготавливаются трёх классов точности:

- *РН - 05* – высокоточные,

- *РН - 3* – точные,

- *РН - 10* – технические.

Нивелиры Оптические Лазерные Цифровые



4. Схема устройства и проверки нивелира Н-3

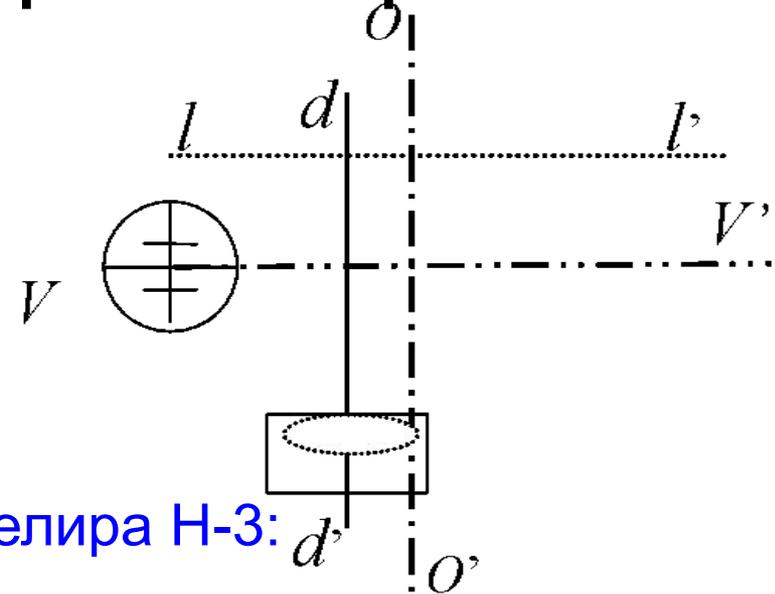
Схема нивелира Н-3 « в осях».

OO' – вертикальная ось вращения
нивелира,

dd' – ось круглого уровня,

VV' – визирная линия зрительной трубы,

ll' – ось цилиндрического уровня



Полевые проверки нивелира Н-3:

1-я проверка: ось круглого уровня должна быть параллельна вертикальной оси вращения нивелира (dd' д.б. $\parallel OO'$);

2-я проверка: горизонтальная нить сетки нитей должна быть перпендикулярна вертикальной оси вращения нивелира (nn' д.б. $\perp OO'$);

3-я проверка: ось цилиндрического уровня должна быть параллельна визирной линии зрительной трубы (ll' д.б. $\parallel VV'$)
(главное условие нивелира).

5. Техническое нивелирование и его ошибки

Порядок работы на станции:

- подготовительные операции (установка нивелира и реек, предварительное горизонтирование нивелира по круглому уровню);
- исполнительные операции (отсчёт на задней рейке по основной чёрной стороне – $Z_ч$, отсчёт на передней рейке по основной чёрной стороне – $\Pi_ч$ и вычисление превышения по основной чёрной стороне)

$$h_ч = Z_ч - \Pi_ч$$

Для контроля превышения измерения повторяется по красной шкале рейки, причём сначала берётся отсчёт по передней рейке по красной стороне $\Pi_к$, а затем по задней – $Z_к$ и вычисляется

$$h_к = Z_к - \Pi_к$$

Если
разность

$h_ч - h_к$ не более 10 мм, то выводится среднее
превышение

$$h = \frac{1}{2} (h_ч + h_к)$$

Ошибки возможные при нивелировании

Грубые ошибки (промахи): просчёты (1,5 см, 6-8-9 дм), отсчёт без приведения пузырька уровня в нульпункт, перепутывание заднего и переднего отсчётов, постановка рейки не на «точку».

Грубые ошибки недопустимы, выявляются повторными измерениями и исключаются из результатов измерений.

Систематические ошибки – исключаются правильной методикой измерений.

При геометрическом нивелировании из середины почти все систематические ошибки исключаются.

Случайные ошибки.

Контроли нивелирования и требования точности технического нивелирования

Контроль простого нивелирования на станции при работе с двусторонними

$$h_{\text{ч}} = Z_{\text{ч}} - \Pi_{\text{ч}} \quad \text{рейками}$$

если $h_{\text{ч}} - h_{\text{к}} \leq \pm 10 \text{ мм}$, то $h = \frac{h_{\text{ч}} + h_{\text{к}}}{2}$

$$h_{\text{к}} = Z_{\text{к}} - \Pi_{\text{к}}$$

При работе с односторонними рейками для контроля делается

перестановка прибора и ещё одно определение превышения

$$h' = Z' - \Pi'$$

если $h_{\text{ч}} - h_{\text{к}} \leq \pm 10 \text{ мм}$, то $h = \frac{h' + h''}{2}$

$$h'' = Z'' - \Pi''$$

При сложном нивелировании между точками с известными начальной и конечной отметками (реперами) $H_{\text{Н}}$ и $H_{\text{К}}$, до начала вычисления отметок

определяется полученная невязка нивелирного хода f_h как разность

вычисленного и заданного превышения, т.е.

$$f_h = \left(\sum Z - \sum \Pi \right) - \left(H_{\text{К}} - H_{\text{Н}} \right)$$

Допустимая невязка для технического нивелирования

вычисляется как

$$f_h^{\text{доп}} = \pm 50\sqrt{L} \text{ мм} \quad , \text{ или} \quad f_h^{\text{доп}} = \pm 10\sqrt{n} \text{ мм}$$

где L – число километров в длине хода,

n - число станций в ходе.

При $f_h \leq f_h^{\text{доп}}$

полученная невязка распределяется равномерно на все станции с обратным знаком с округлением до целых миллиметров

$$\delta h = -\frac{f_h}{n}$$

и после этого производится вычисление отметок по ходу.