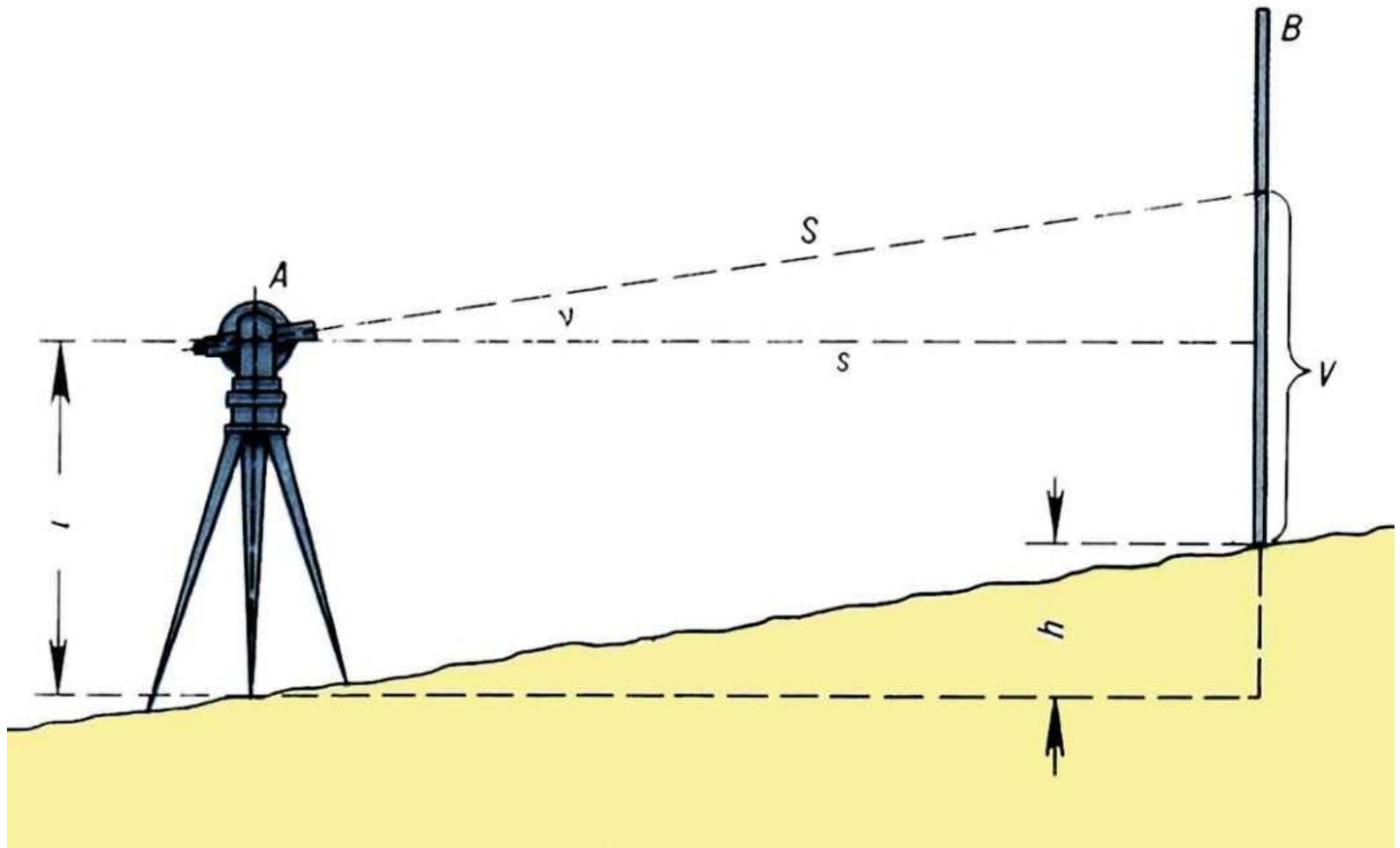




Лекция №6

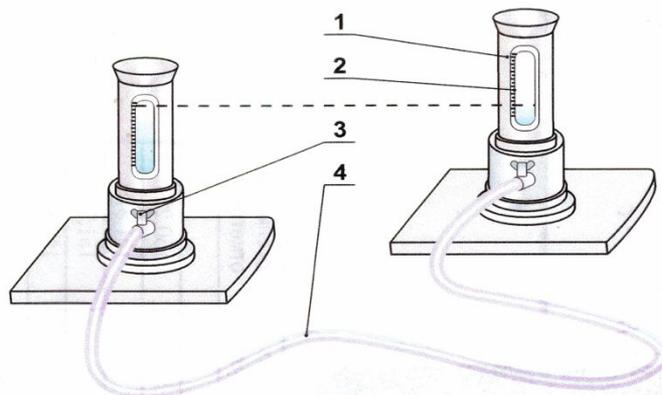
Геометрическое нивелирование.

Тригонометрическое нивелирование



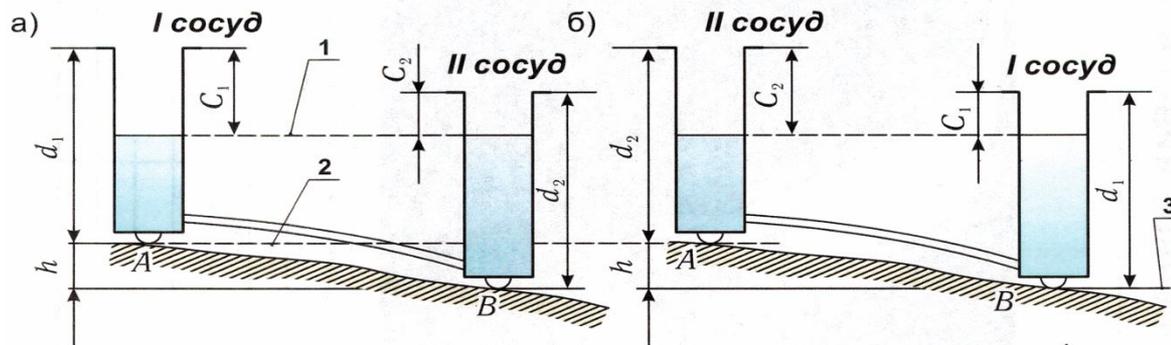
Гидростатическое нивелирование

Гидростатический нивелир



- 1 — стакан;
- 2 — шкала;
- 3 — кран;
- 4 — шланг

Гидростатическое нивелирование



1 — горизонт жидкости; 2 — горизонт точки A; 3 — горизонт точки B

$$h = (d_2 - C_2) - (d_1 - C_1) \text{ или } h = (d_2 - d_1) - (C_2 - C_1)$$

$$d_2 - d_1 = R \text{ — величина постоянная}$$

$$h = R - (C_2 - C_1) \quad (1)$$

поменяв местами сосуды (рис. б)

$$h = (d_1 - C_1) - (d_2 - C_2) \text{ или } h = (C_2 - C_1) - (d_2 - d_1)$$

$$h = (C_2 - C_1) - R \quad (2)$$

складывая (1) и (2), получим:

$$h = [(C_2 - C_1) - (C_2 - C_1)]/2$$

а вычитая (1) из (2)

$$R = [(C_2 - C_1) + (C_2 - C_1)]/2$$

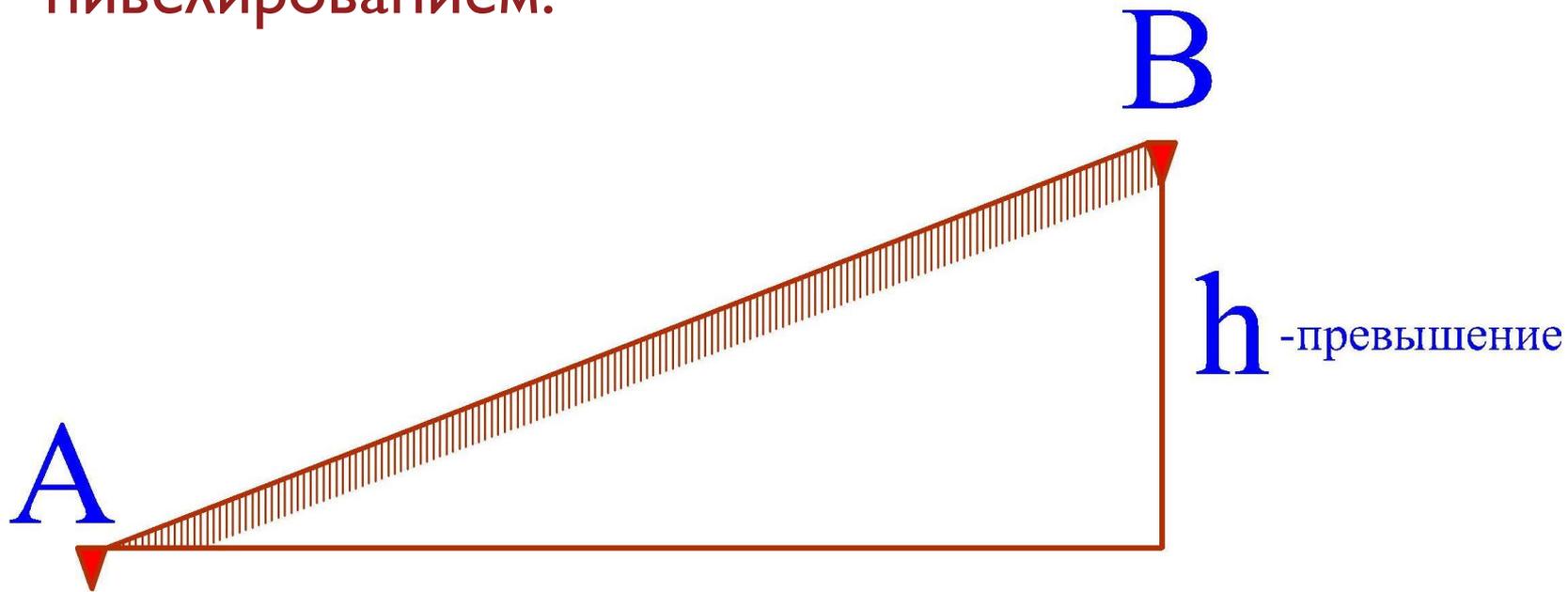
Определив R , находят по любой из формул превышение h .

Барометрическое нивелирование – определение высот точек земной поверхности относительно исходной точки с помощью зависимости атмосферного давления воздуха между этими точками. Давление воздуха измеряют барометром.

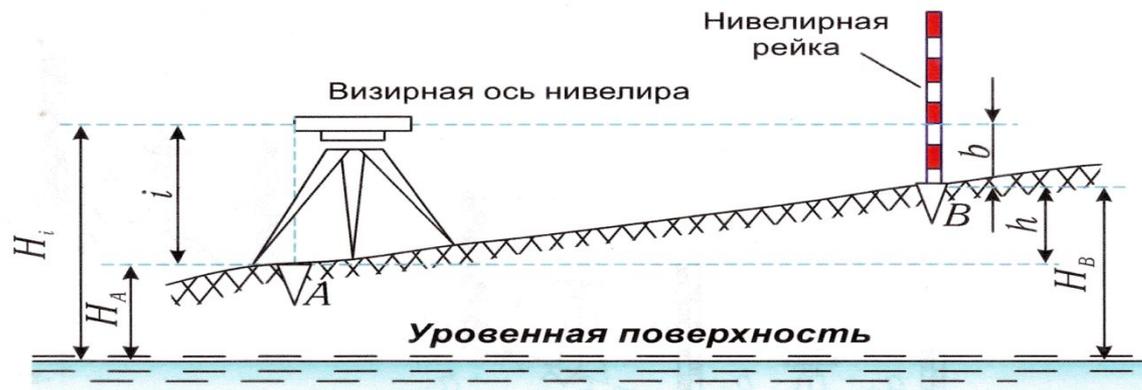


Сущность геометрического нивелирования.

Геодезические измерения, выполняемые для определения превышений между точками земной поверхности, называются нивелированием.



Нивелирование вперед



$$h = i - b$$

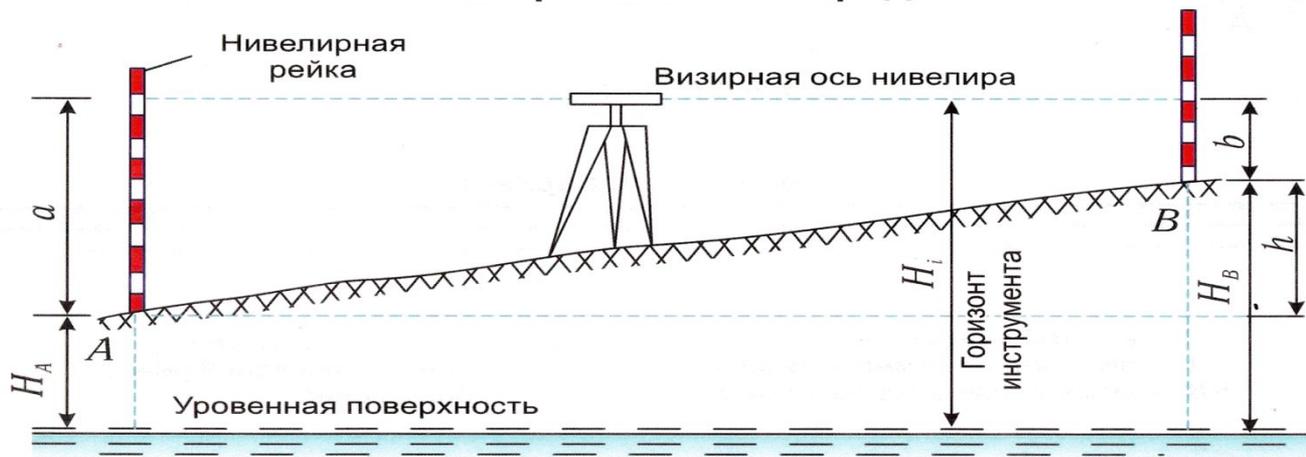
$$H_B = H_A + h$$

$$H_B = H_A + i - b$$

$$H_i = H_A + i$$

$$H_B = H_i - b$$

Нивелирование из середины



$$h = a - b$$

$$H_B = H_A + h$$

$$H_B = H_A + a - b$$

$$H_i = H_A + a$$

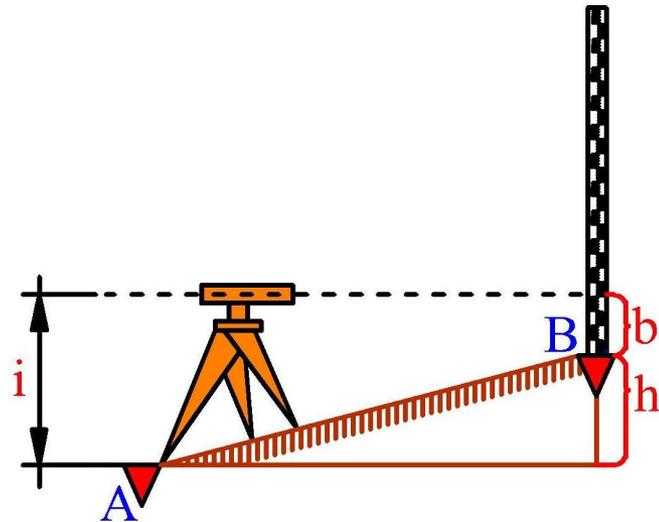
$$H_B = H_i - b$$

H_A — абсолютная отметка точки А;
 H_B — абсолютная отметка точки В;
 h — превышение;

i — высота инструмента;
 H_i — горизонт инструмента;
 a — отсчет по задней рейке;
 b — отсчет по передней рейке

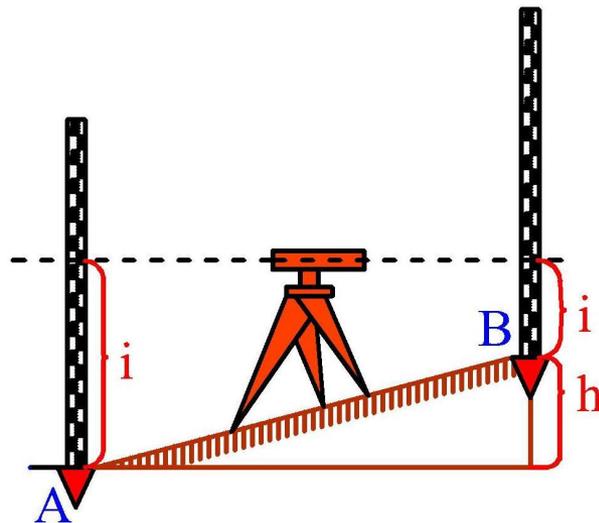
Геометрическое нивелирование.

Нивелирование "вперед"



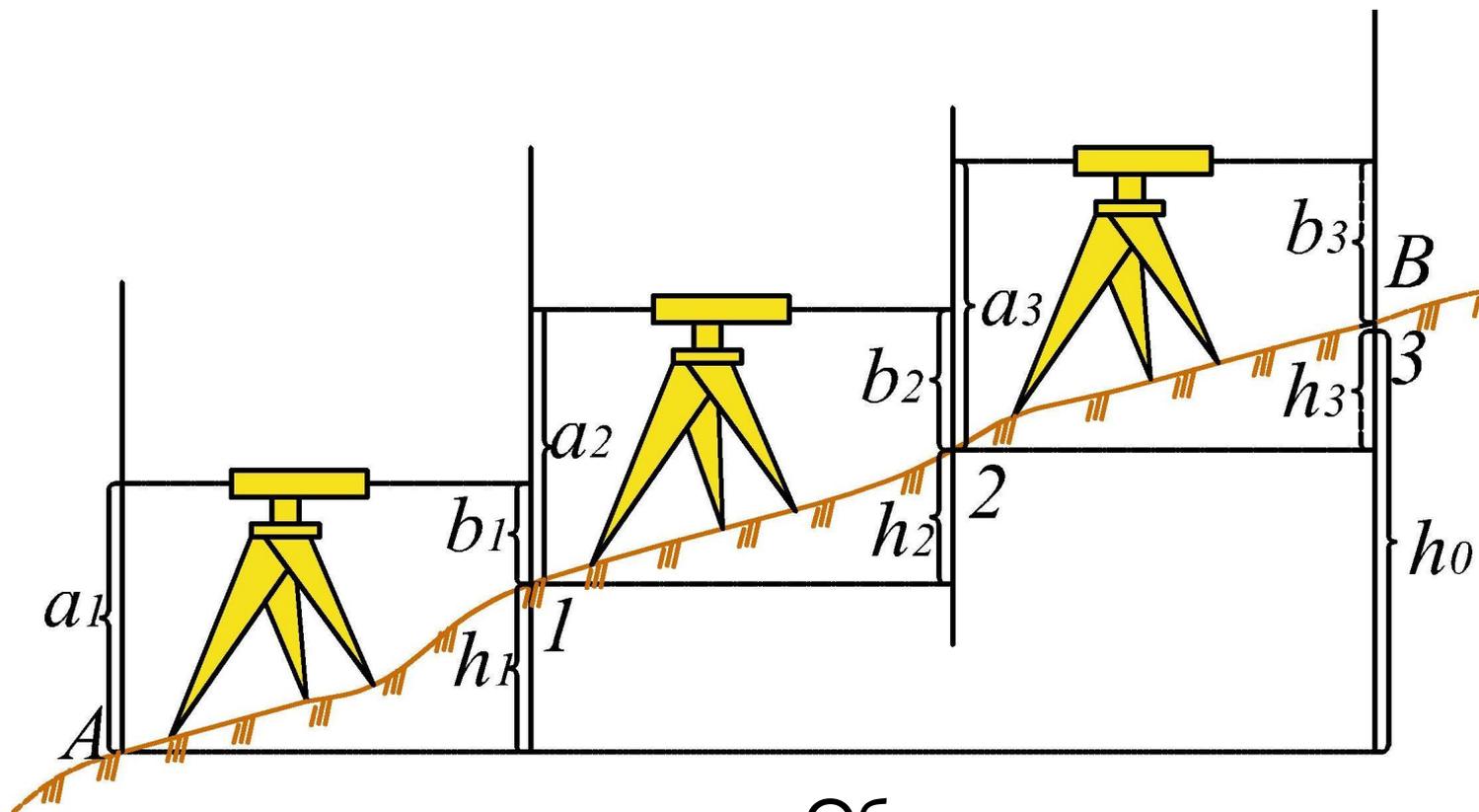
$$h=i-b$$

Нивелирование из "середины"



$$h=a-b$$

Последовательное нивелирование



$$h_1 = a_1 - b_1$$

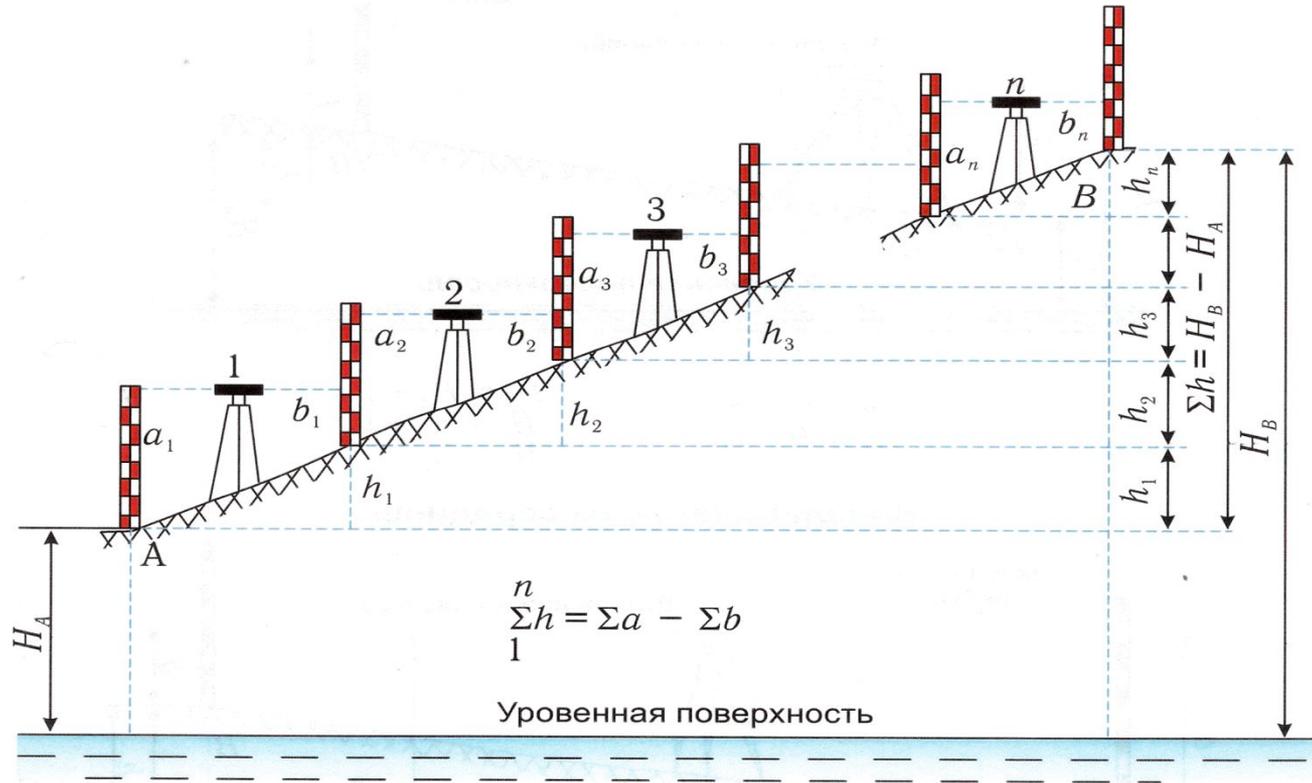
$$h_2 = a_2 - b_2$$

$$h_3 = a_3 - b_3$$

$$h_0 = h_1 + h_2 + h_3 + \dots = \sum h$$

Общее превышение точки В над точкой А равно сумме превышений, т.е.

Последовательное нивелирование



$$\sum_{1}^n h = \sum a - \sum b$$

Уровенная поверхность

i — высота инструмента

H_A — абсолютная отметка точки A

H_B — абсолютная отметка точки B

a — тсчет по задней рейке

b — отсчет по передней рейке

h — превышение

$$h_1 + h_2 + h_3 + \dots + h_n = \sum_{1}^n h$$

$$H_B - H_A = \sum_{1}^n h$$

$$\sum_{1}^n h = \sum a - \sum b$$

Нивелиры и рейки.

Высокоточные Н - 0.5 $m=0.5\text{мм}$



Нивелиры и рейки.

Точные Н – 3 (НВ – 1) $m=3\text{мм}$



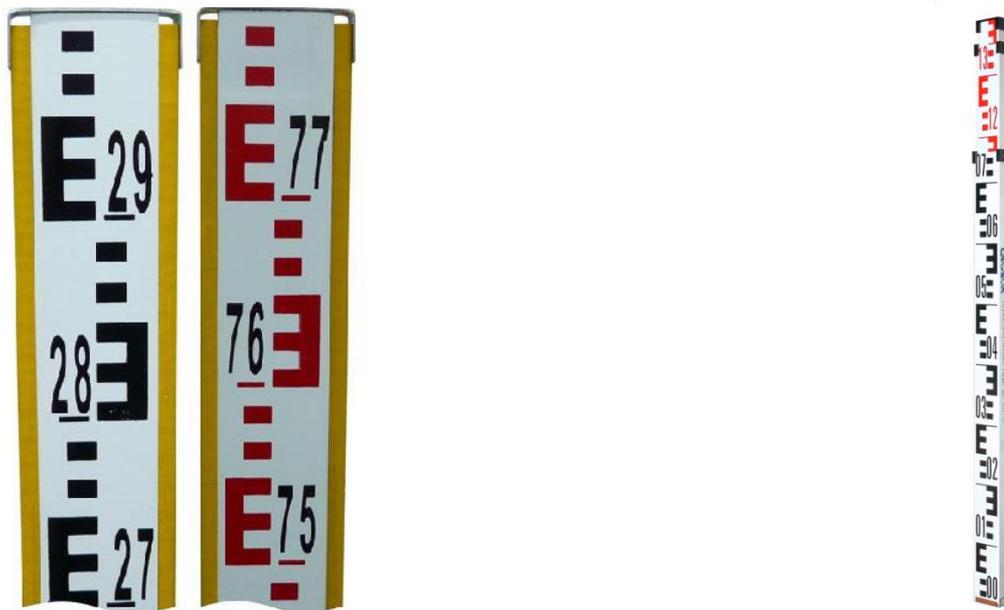
Нивелиры и рейки.

Технические Н – 10 $m=10\text{мм}$



Рейки.

Нивелирные рейки имеют высоту 3 метра. На одной стороне нанесены сантиметровые деления черной краской, на другой – красной. Низ рейки называется **пяткой**.

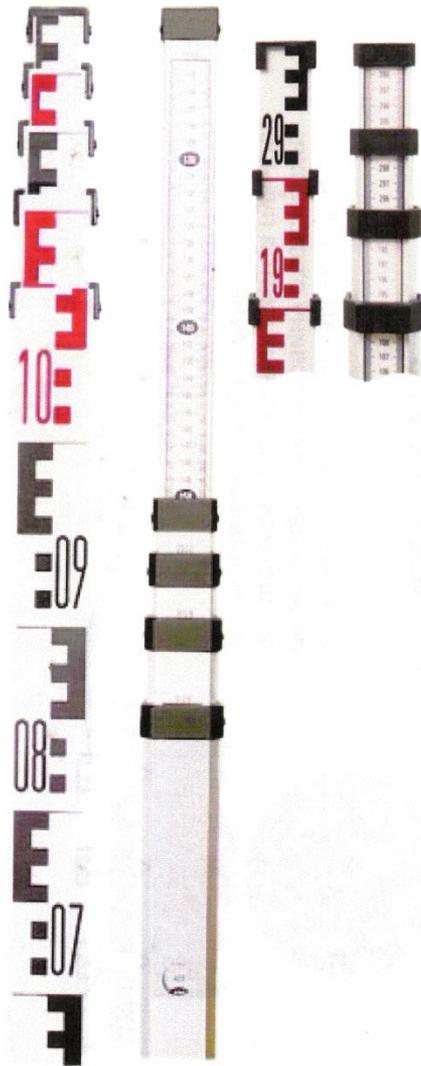


На черной стороне нуль рейки совмещен с пяткой. На красной стороне (контрольной) какое-то целое число, например 4687 или 4787.

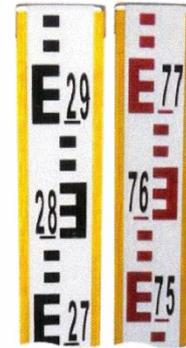
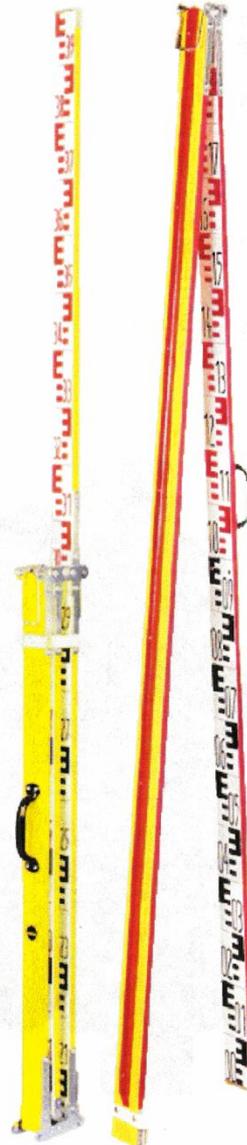
Цифры нанесены на рейке - перевернутыми. В трубу они будут видны - прямыми. Отсчет делают по средней нити.

Нивелирные рейки

Телескопическая рейка



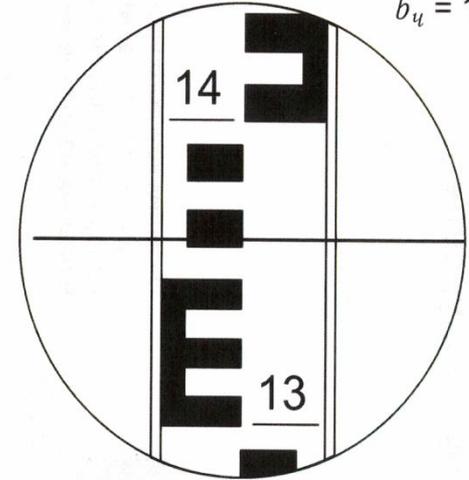
Складная рейка



Отсчеты по рейкам

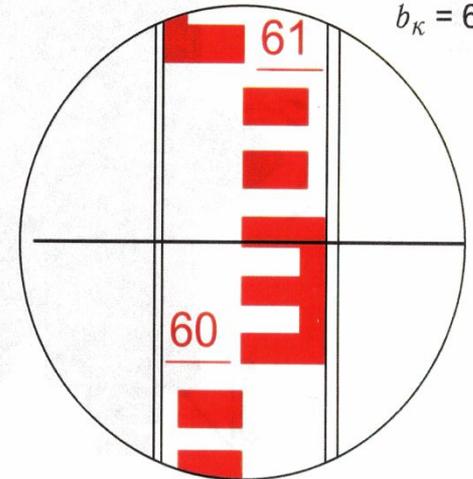
По черной стороне

$$b_{\text{ч}} = 1362$$



По красной стороне

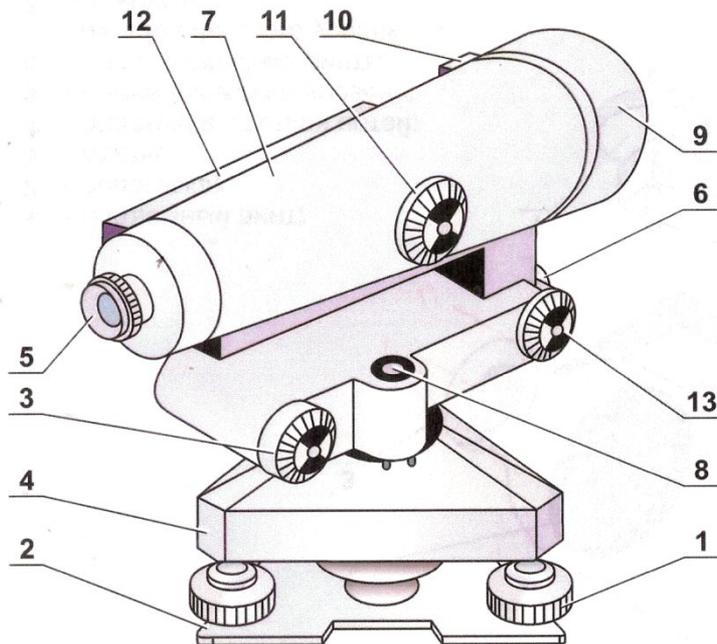
$$b_{\text{к}} = 6042$$



Нивелиры с цилиндрическим уровнем (1)

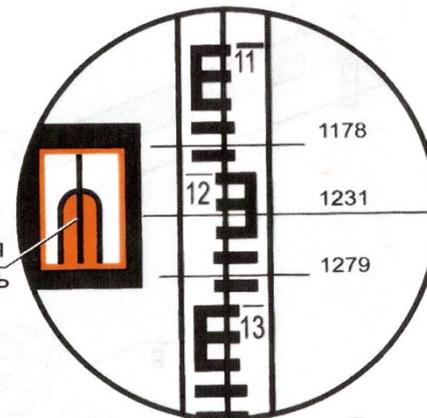
Нивелир НЗ

Поле зрения трубы

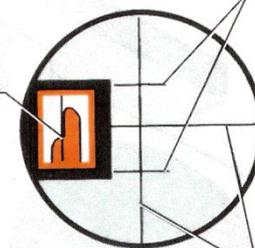


- 1 — подъемный винт;
- 2 — прижимная пластина;
- 3 — элевационный винт;
- 4 — подставка;
- 5 — окуляр;
- 6 — закрепительный винт;
- 7 — зрительная труба;
- 8 — круглый уровень;
- 9 — объектив;
- 10 — мушка;
- 11 — кремальера;
- 12 — цилиндрический уровень;
- 13 — наводящий винт

Половинки уровня
должны совпадать



Цилиндрический
уровень
не приведен
в середину



Дальномерные
нити

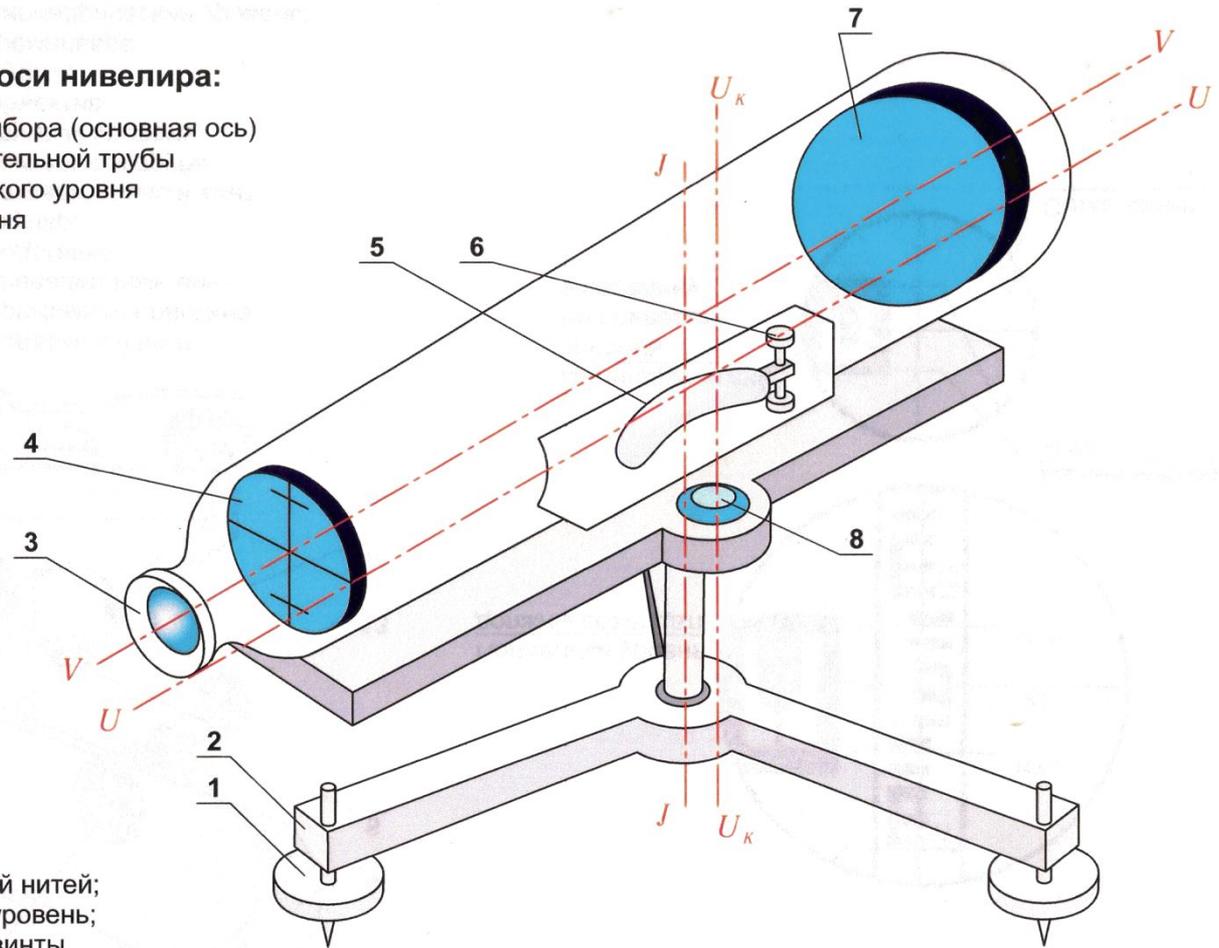
Сетка нитей

Нивелиры с цилиндрическим уровнем (2)

Схема устройства нивелира

Основные оси нивелира:

- JJ — ось вращения прибора (основная ось)
- VV — визирная ось зрительной трубы
- UU — ось цилиндрического уровня
- $U_K U_K$ — ось круглого уровня



- 1 — подъемный винт;
- 2 — подставка;
- 3 — окуляр;
- 4 — пластинка с сеткой нитей;
- 5 — цилиндрический уровень;
- 6 — исправительные винты цилиндрического уровня;
- 7 — объектив;
- 8 — круглый уровень

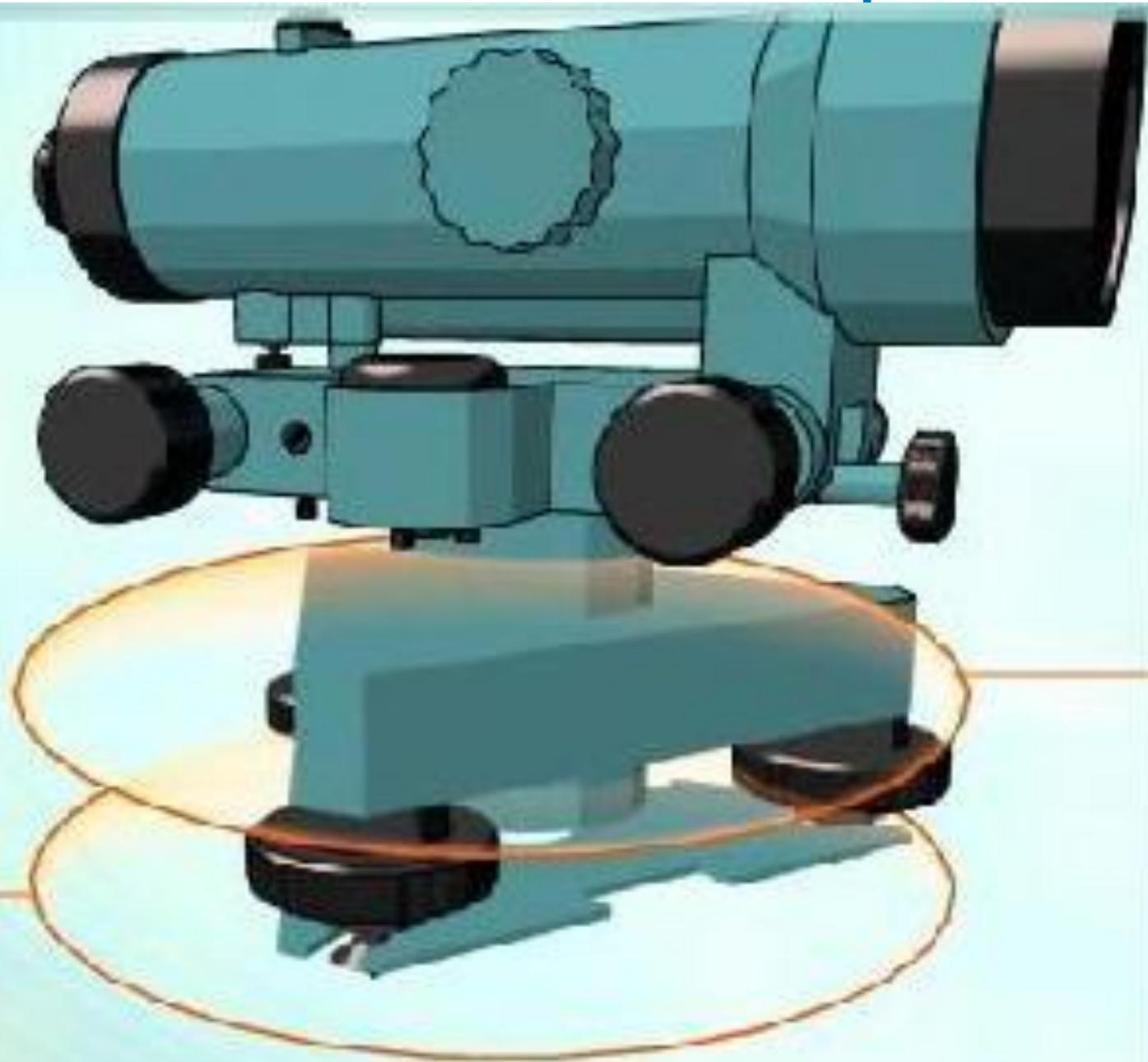
Основные части нивелира.

Устройство нивелира



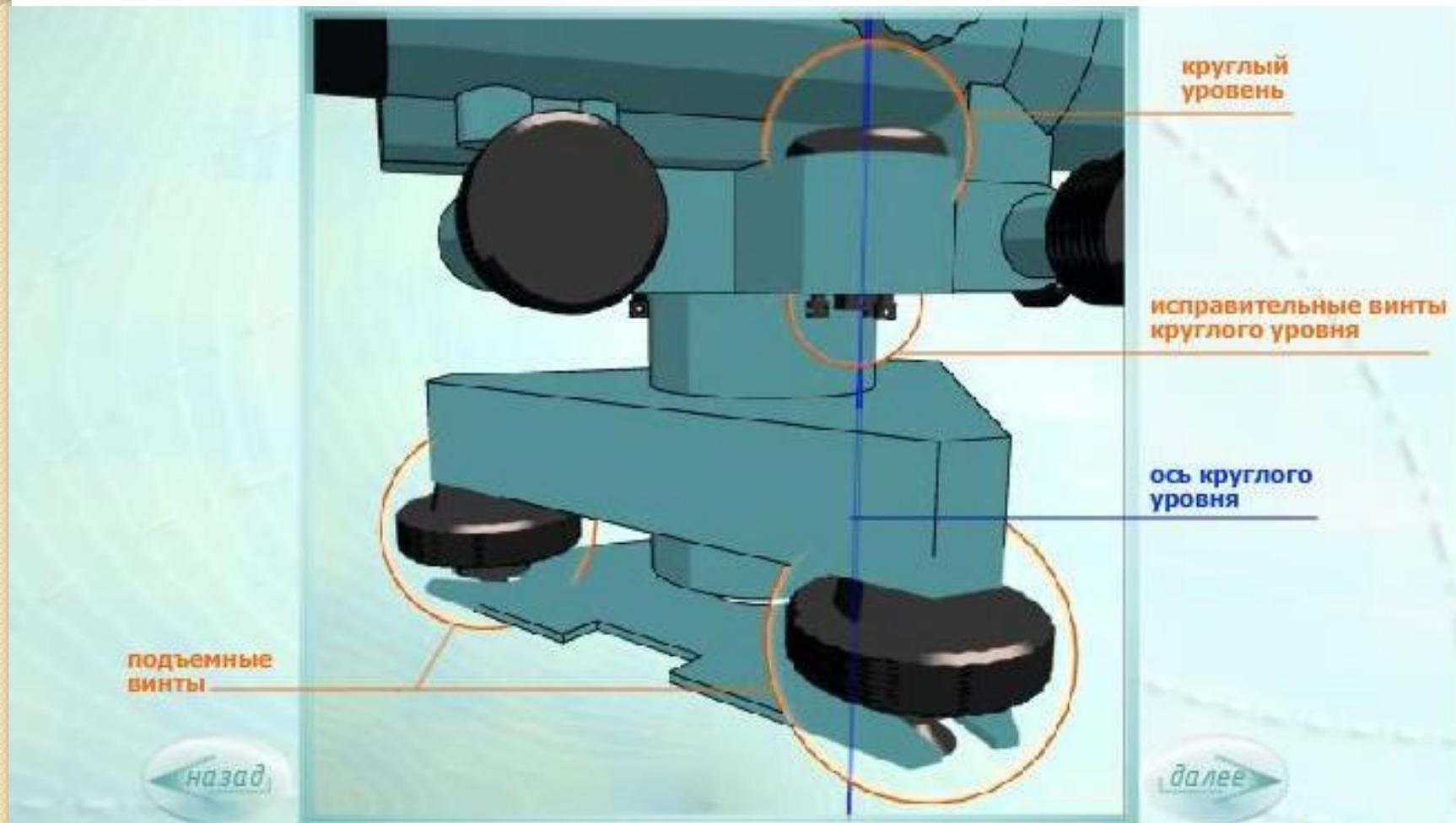
Подставка с тремя подъемными винтами, зрительная труба. Труба имеет закрепительный и наводящий винты.

Основные части нивелира.

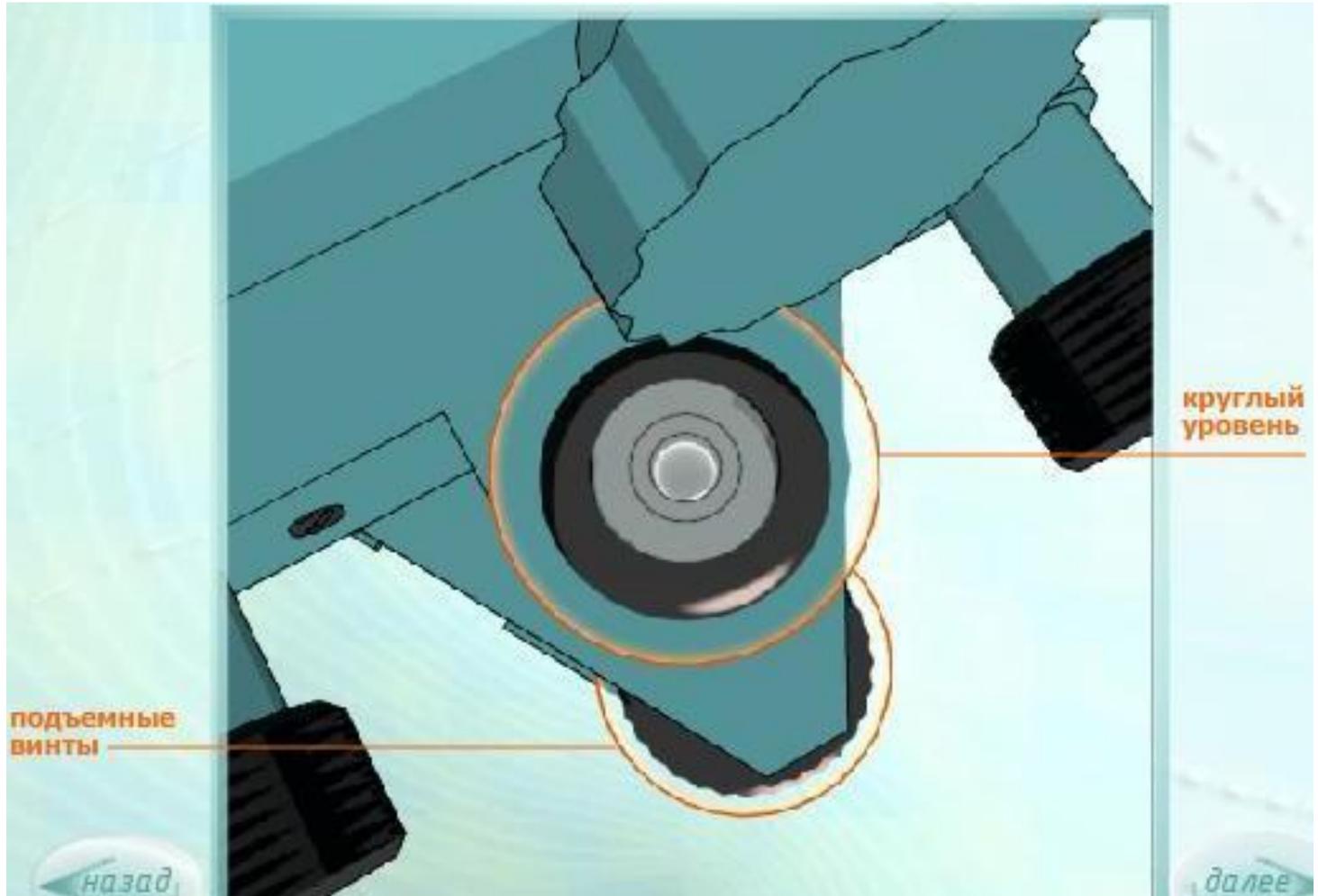


Основные части нивелира.

Для приближенной установки оси вращения нивелира в отвесное положение служит **круглый уровень**.

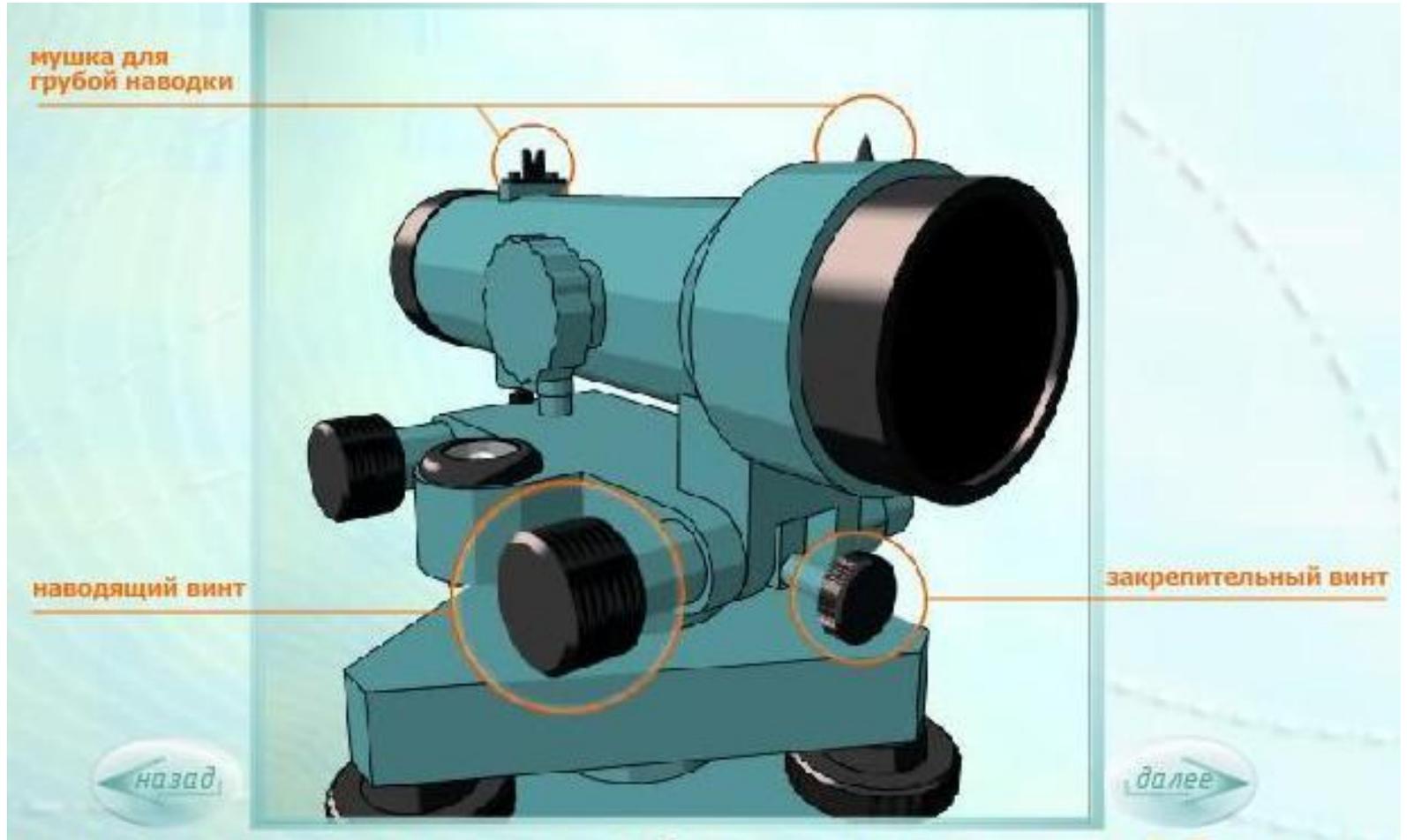


Основные части нивелира.



Осью круглого уровня называется прямая проходящая через нуль-пункт уровня перпендикулярно плоскости, касательной к внутренней поверхности уровня в его нуль-пункте.

Основные части нивелира.



Основные части нивелира.

Установка трубы для наблюдений выполняется **диоптрийным кольцом** (по глазу) и **кремальерой** (по предмету).



Основные части нивелира.

В настоящее время применяются нивелиры с самоустанавливающейся линией визирования. В этих нивелирах используется компенсатор.

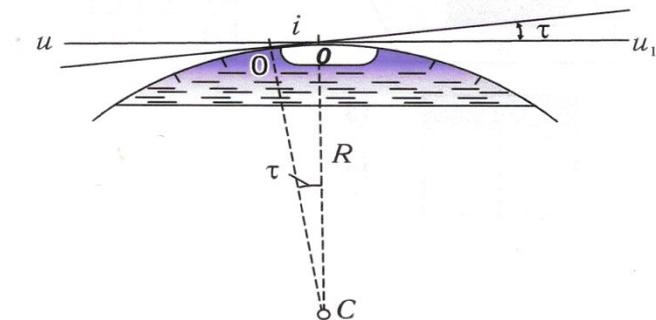
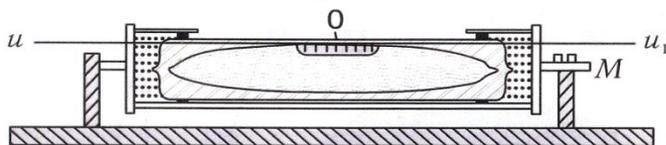
Сбоку от трубы располагается **цилиндрический уровень**, помещенный в металлическую коробку.

При помощи оптических линз, расположенных над уровнем, изображение концов пузырька уровня передается в поле зрения окуляра. Совмещение изображений концов пузырька уровня производится с помощью **элевационного** винта, который выполняет медленные перемещения визирной оси в вертикальной плоскости.

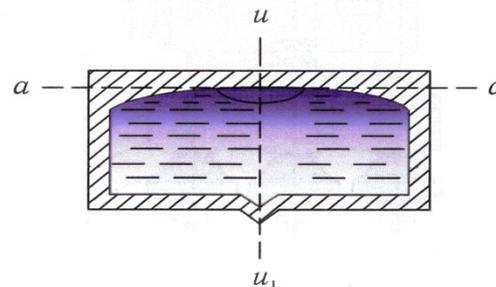
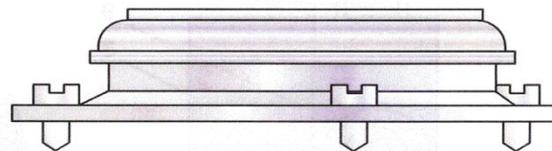


Нивелирование (1)

Цилиндрический уровень

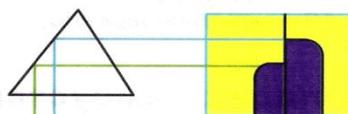


Круглый уровень

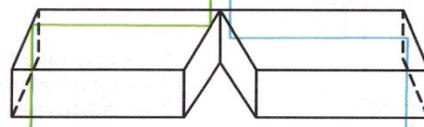


Устройство контактного уровня

Призмный блок



Изображение половинок пузырька в поле зрения трубы



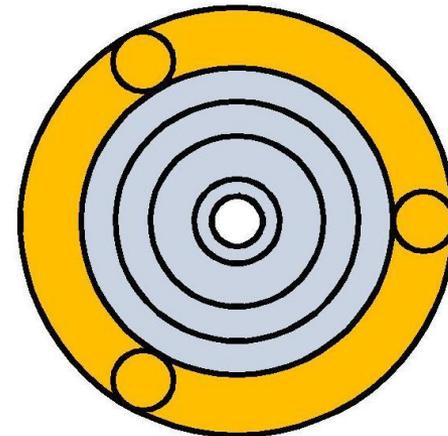
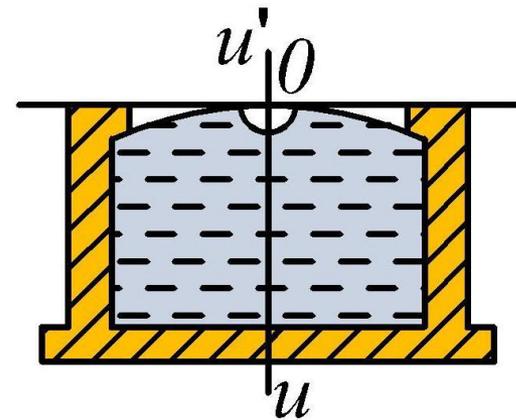
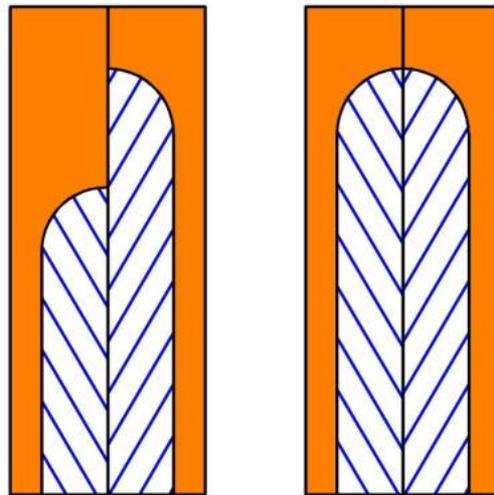
Пузырек уровня

R

Цилиндрический уровень
(цена деления $7 \div 15'$ на 2 мм)

Основные части нивелира.

Осью круглого уровня является прямая проходящая через нуль-пункт, перпендикулярно плоскости - касательной к внутренней поверхности в уровне в его нуль-пункте.



Поверки нивелира:

- 1. Ось круглого уровня должна быть параллельна оси вращения нивелира*
- 2. Горизонтальная нить сетки нитей должна быть перпендикулярна оси вращения нивелира*
- 3. Ось цилиндрического уровня должна быть параллельна визирной оси зрительной трубы
(главное геометрическое условие нивелира)*

Поверки нивелира

Поверка 1. Ось круглого уровня должна быть параллельна оси вращения прибора



Подъемными винтами приводят пузырек уровня в центр кружка на ампуле круглого уровня.

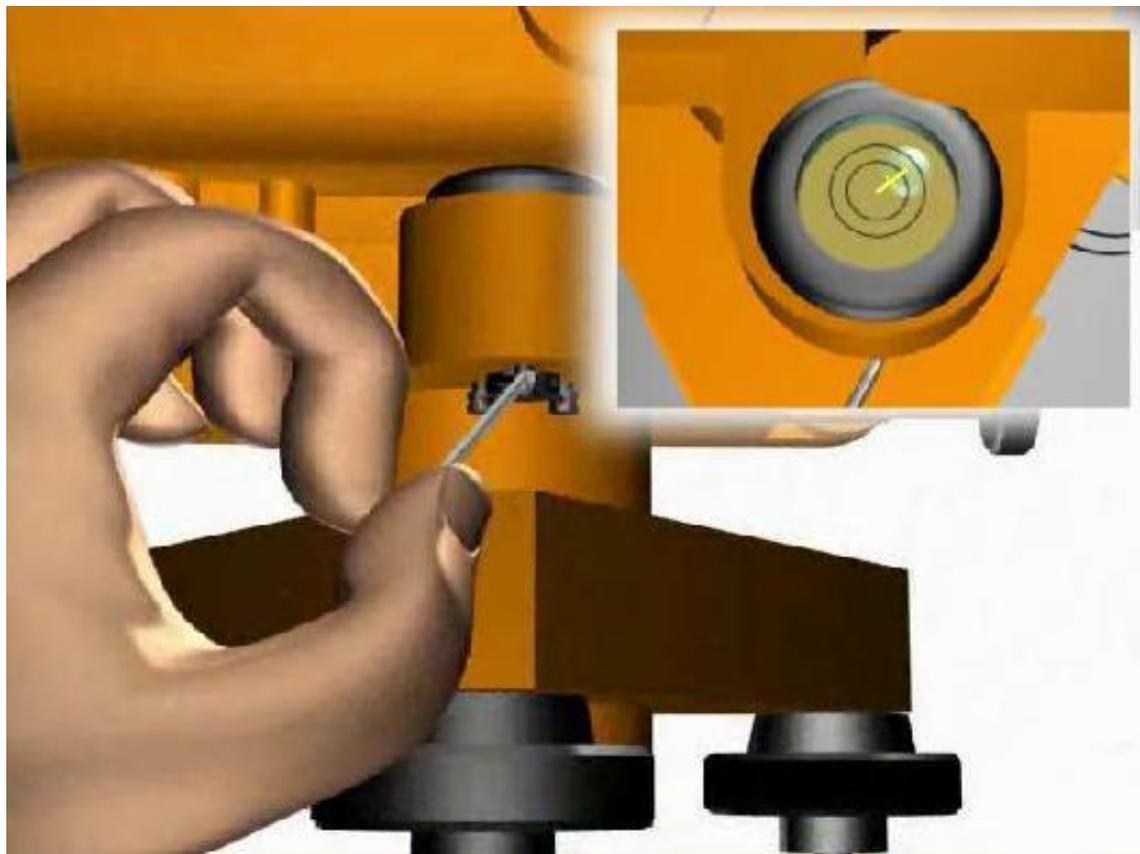
Поверки нивелира



Подъемными винтами приводят пузырек уровня в центр кружка на ампуле круглого уровня.

Поверки нивелира

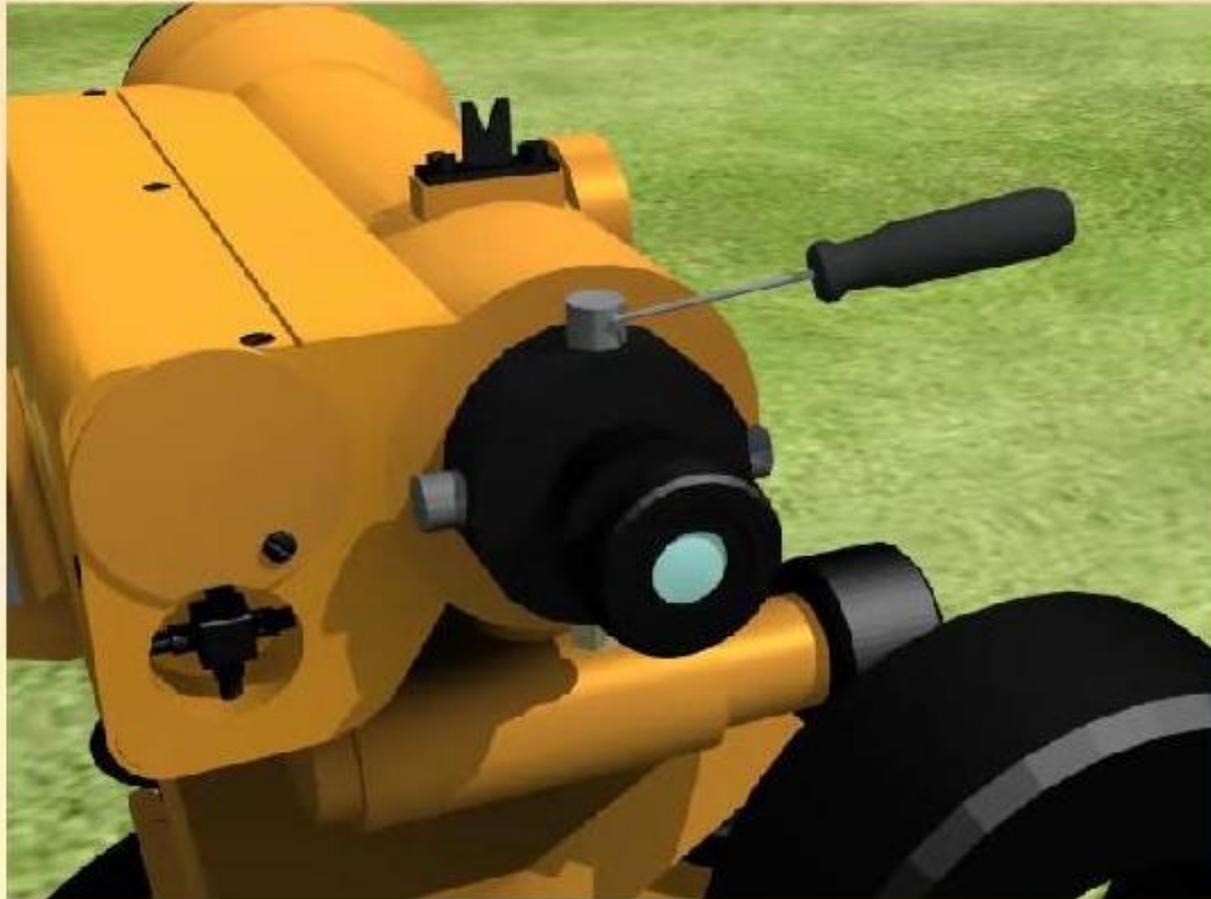
Подъемными винтами приводят пузырек круглого уровня в центр кружка и поворачивают верхнюю часть инструмента на 180° . При отклонении пузырька более чем на одно деление перемещают его к центру на половину дуги отклонения с помощью исправительных винтов круглого уровня.



При отклонении пузырька от центра ампулы перемещают его к центру на **половину** отклонения с помощью исправительных винтов круглого уровня.

Поверки нивелира

Поверка 2. Горизонтальная нить сетки перпендикулярна оси вращения прибора



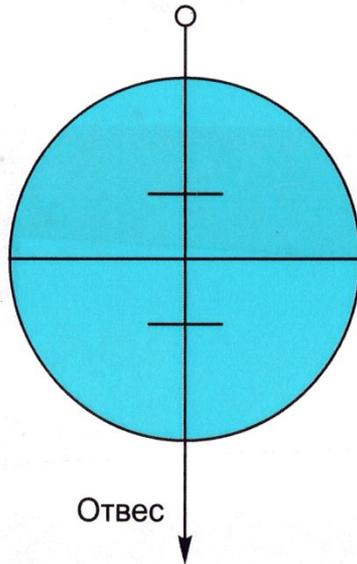
Поверку делают путем вращения трубы по азимуту. Выполнение этого условия гарантируется заводом. В полевых условиях, при необходимости, снять защитный колпачок и развернуть сетку нитей, предварительно ослабив четыре винта в торце окулярной части трубы отверткой.

Проверки нивелиров с цилиндрическим уровнем (2)

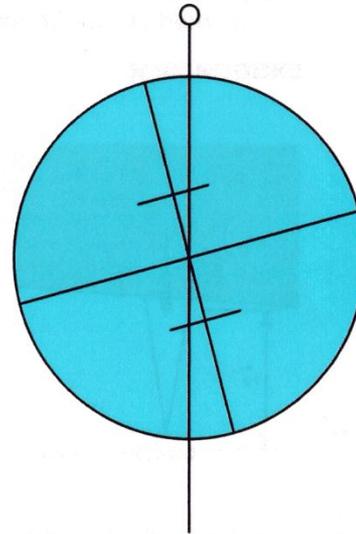
Проверка сетки нитей

Вертикальная нить сетки нитей должна быть параллельна оси вращения нивелира

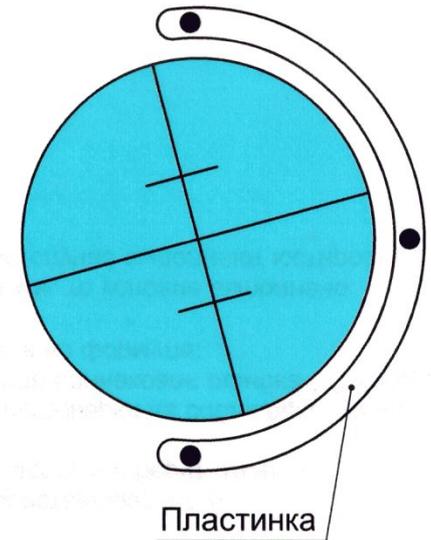
а)



б)



в)



1. Установить нивелир в рабочее положение по круглому уровню.
2. Навести зрительную трубу на отвес, находящийся примерно в 30 метрах. Если сетка нитей совпала с отвесом, то условие выполнено (а).

Юстировка:

3. Если нити не совпали (б), то открепляют три закрепительных винта, снимают колпачок со стороны окуляра.
4. Ослабляют крепежные винты, поворачивают пластинку до совпадения сетки нитей с отвесом (в).
5. Винты закрепляют.

Поверки нивелира

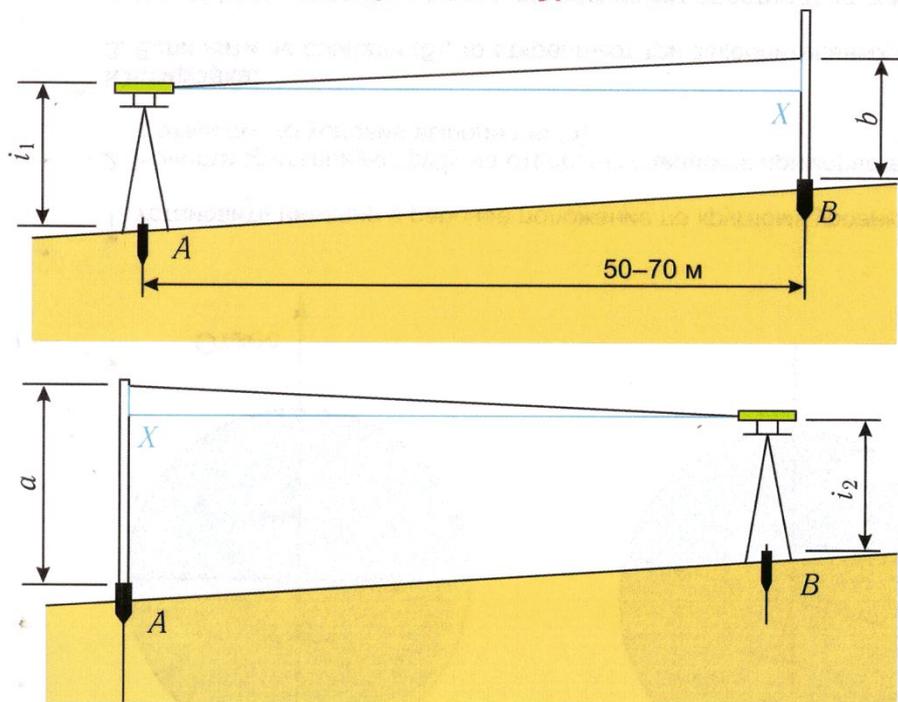
**3. Ось цилиндрического уровня должна быть параллельна визирной оси зрительной трубы.
(Главное геометрическое условие нивелира).**

Поверка выполняется в полевых условиях двойным нивелированием одной и той же линии.

Поверки нивелиров с цилиндрическим уровнем (3)

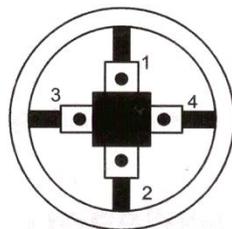
Поверка цилиндрического уровня

Ось цилиндрического уровня должна быть параллельна визирной оси трубы



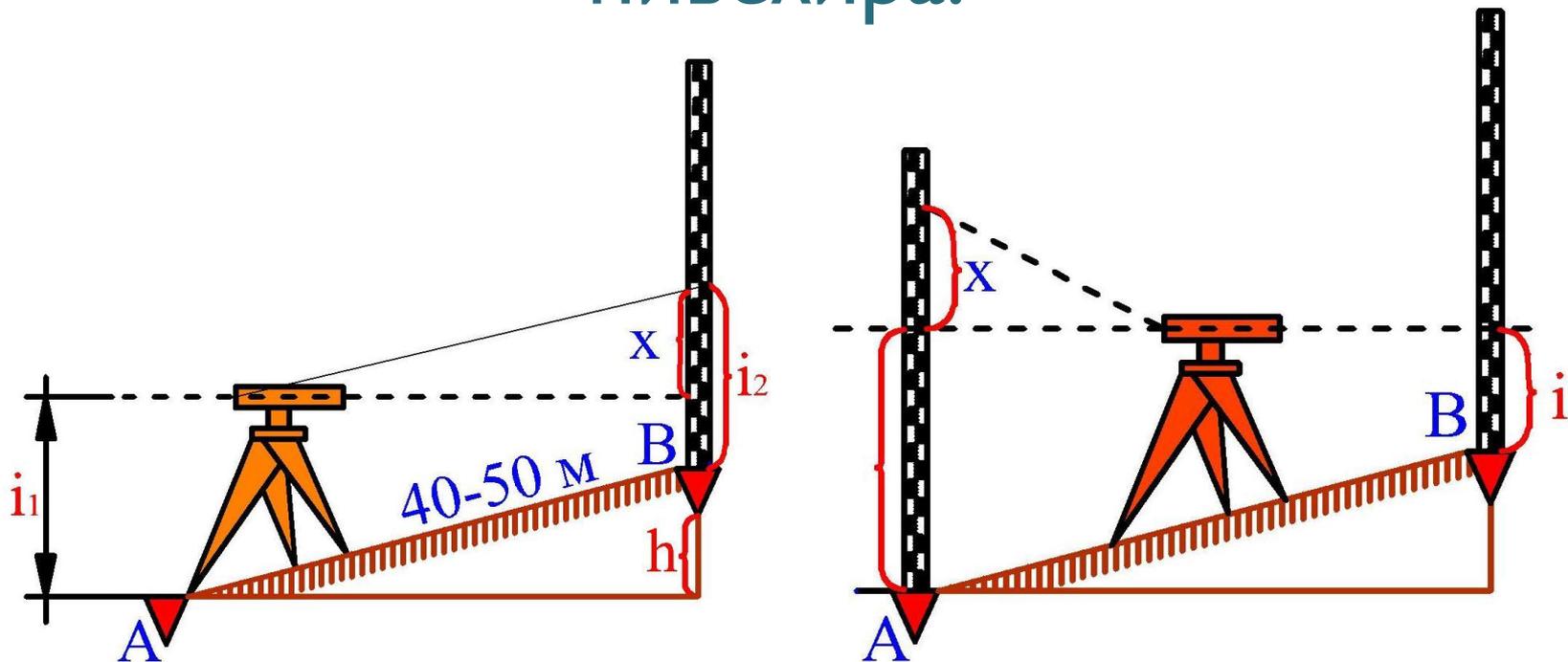
1. На местности с небольшим уклоном забивают 2 колышка на расстоянии 50–70 м.
2. Устанавливают нивелир в рабочее положение над точкой А. Рейкой измеряют высоту инструмента i_1 и берут отсчет по рейке, стоящей в т. В.
3. Нивелир переставляют в т. В, измеряют высоту i_2 и берут отсчет a .
4. Если условие поверки не соблюдено, то в оба отсчета вошла одинаковая ошибка "x", которая определяется по формуле:
$$x = (i_1 + i_2)/2 - (a + b)/2$$
Если $x \leq \pm 4$ мм, то условие выполнено. В противном случае выполняют юстировку.

Юстировка



1. Верный отсчет по рейкам $a_1 = a - x$.
2. Эlevationным винтом устанавливают среднюю нить сетки на отсчет a_1 .
3. Пузырек цилиндрического уровня ушел с нуля-пункта.
4. Снимают крышку в торцевой части коробки цилиндрического уровня.
5. Слегка отпускают винты (3, 4); действуя винтами (1, 2), совмещают изображение половинок концов пузырька уровня.
6. Поверку повторяют.

Главное геометрическое условие нивелира.



$$h = i_1 - (b_1 - x)$$

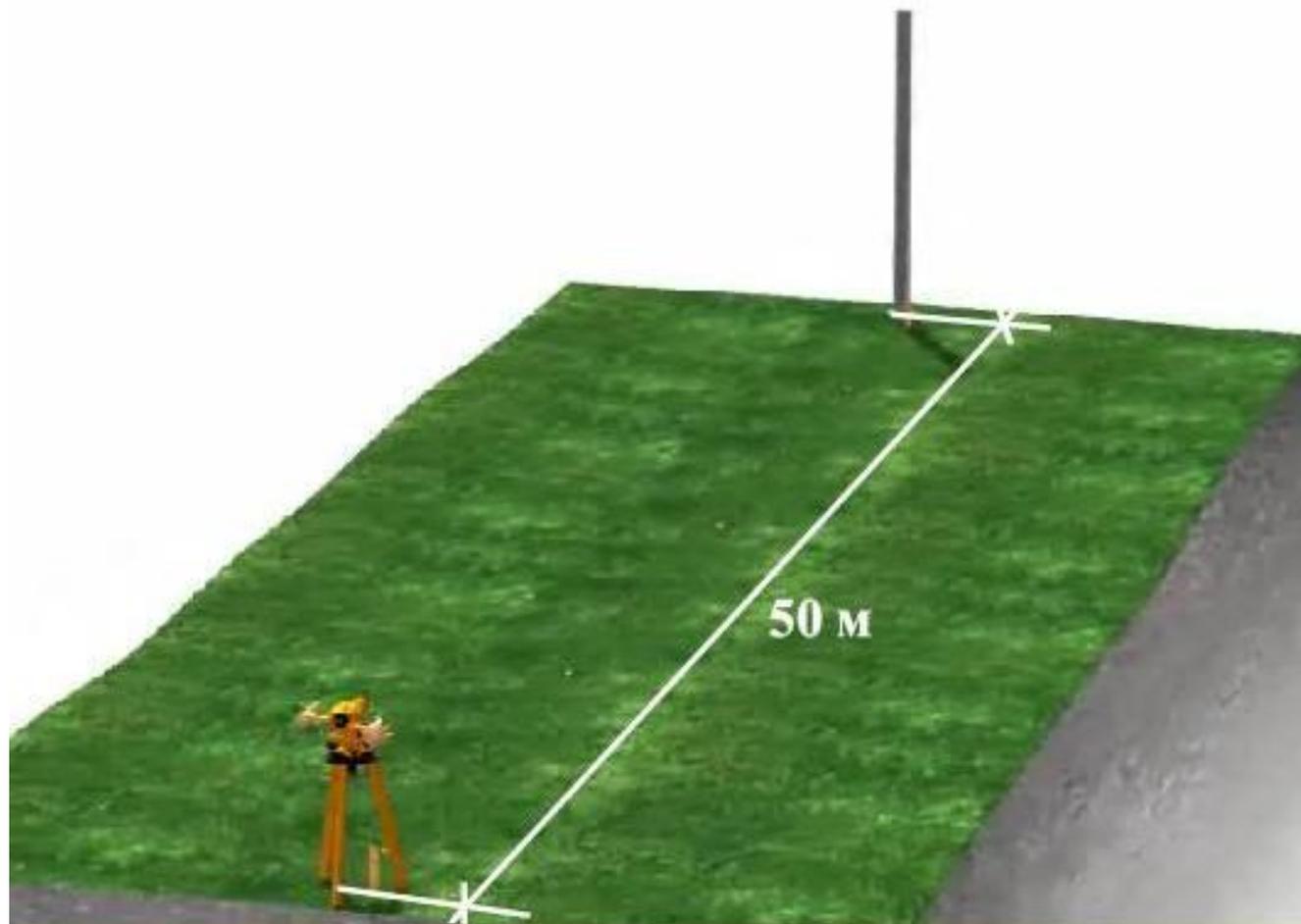
$$h = (b_2 - x) - i_2$$

$$(b_2 - x) - i_2 = i_1 - (b_1 - x)$$

$$2x = b_1 + b_2 - i_1 - i_2$$

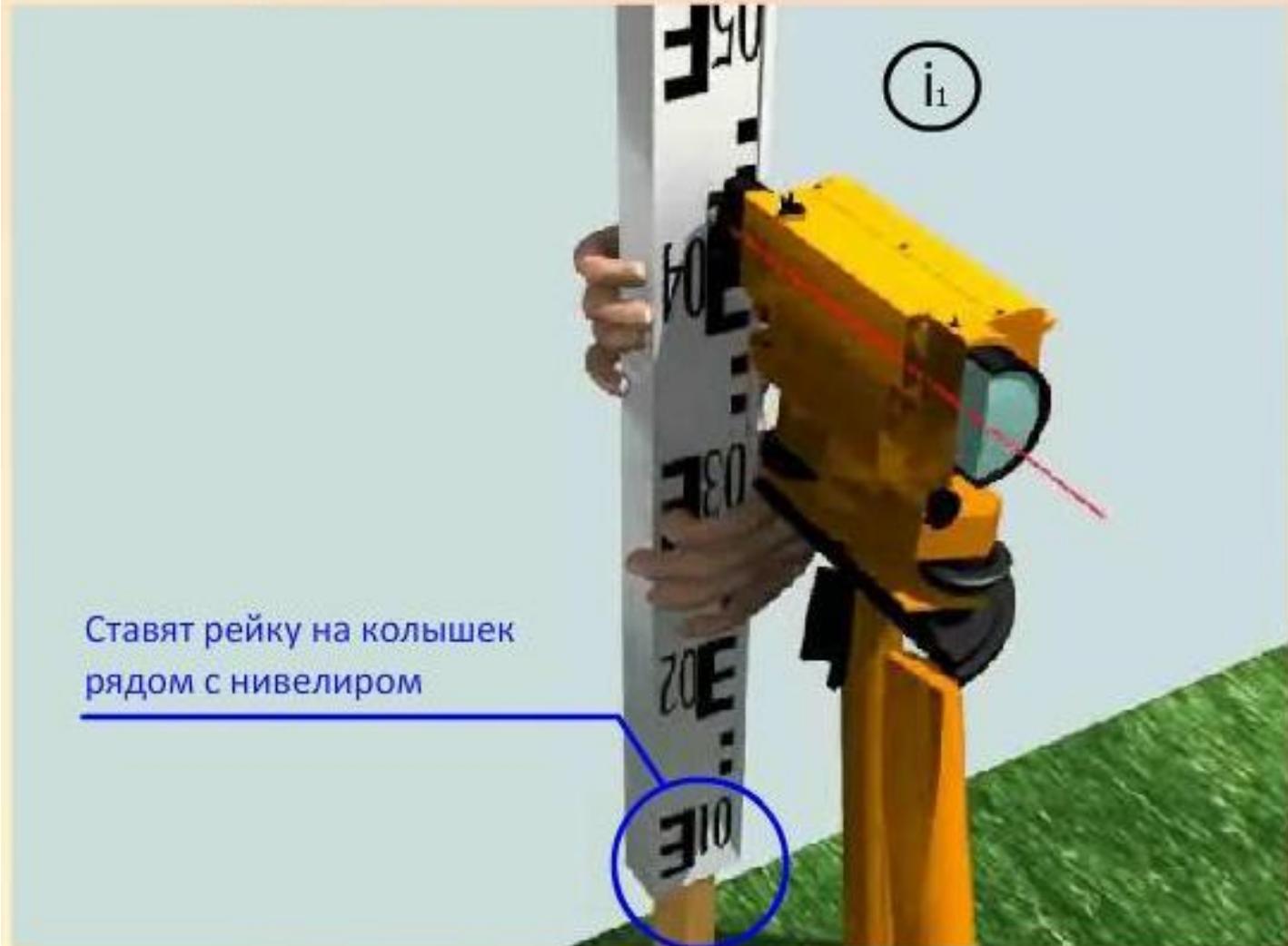
$$x = \frac{b_1 + b_2}{2} - \frac{i_1 + i_2}{2}$$

Поверка 3. Ось цилиндрического уровня должна быть параллельна визирной оси трубы (главное геометрическое условие нивелира)



Поверка производится нивелированием одной и той же линии способом "вперед". На ровной местности выделяют линию длиной примерно 50 м.

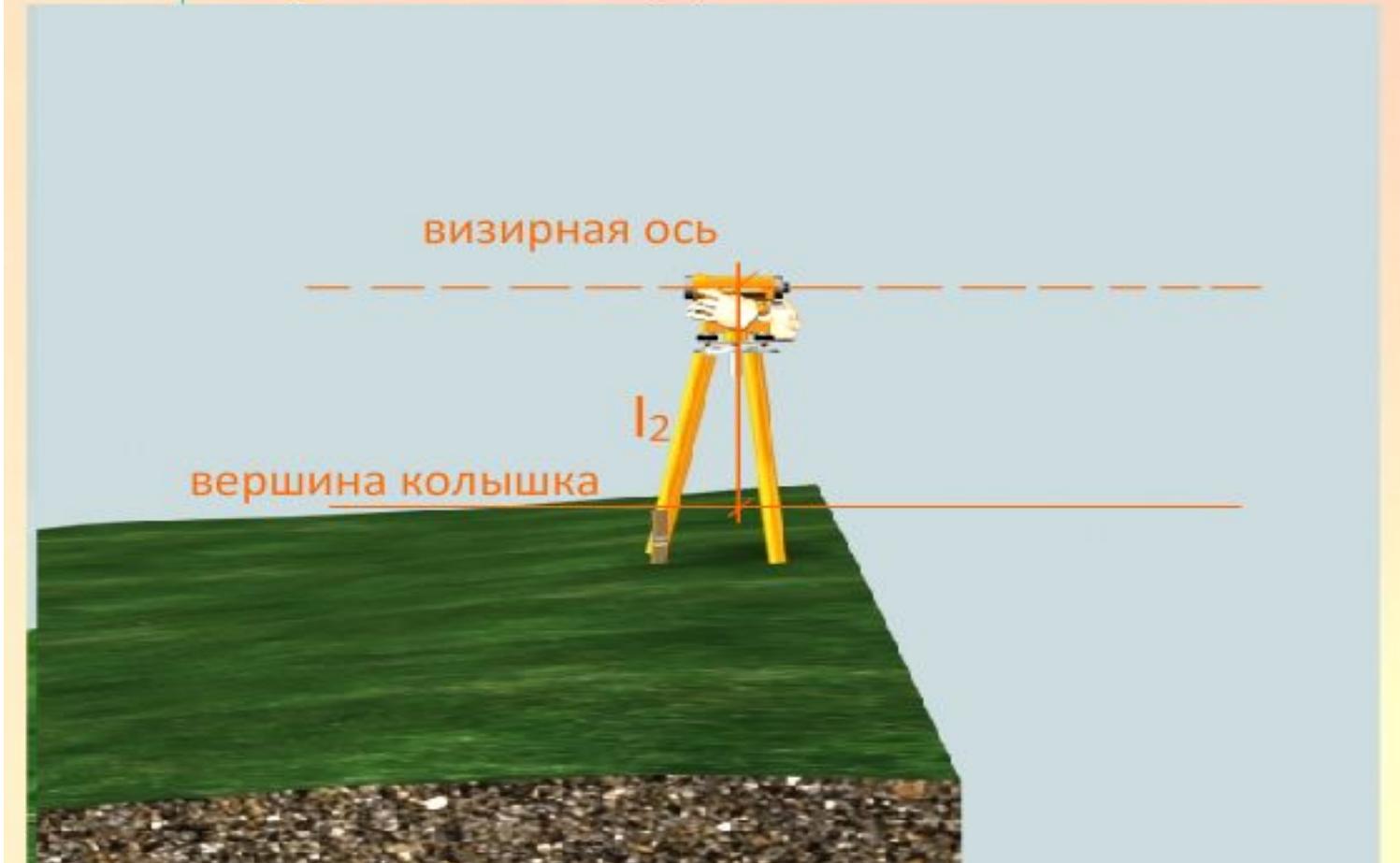
Поверка 3. Ось цилиндрического уровня
должна быть параллельна визирной
оси трубы (главное геометрическое
условие нивелира)



Ставят рейку на колышек
рядом с нивелиром

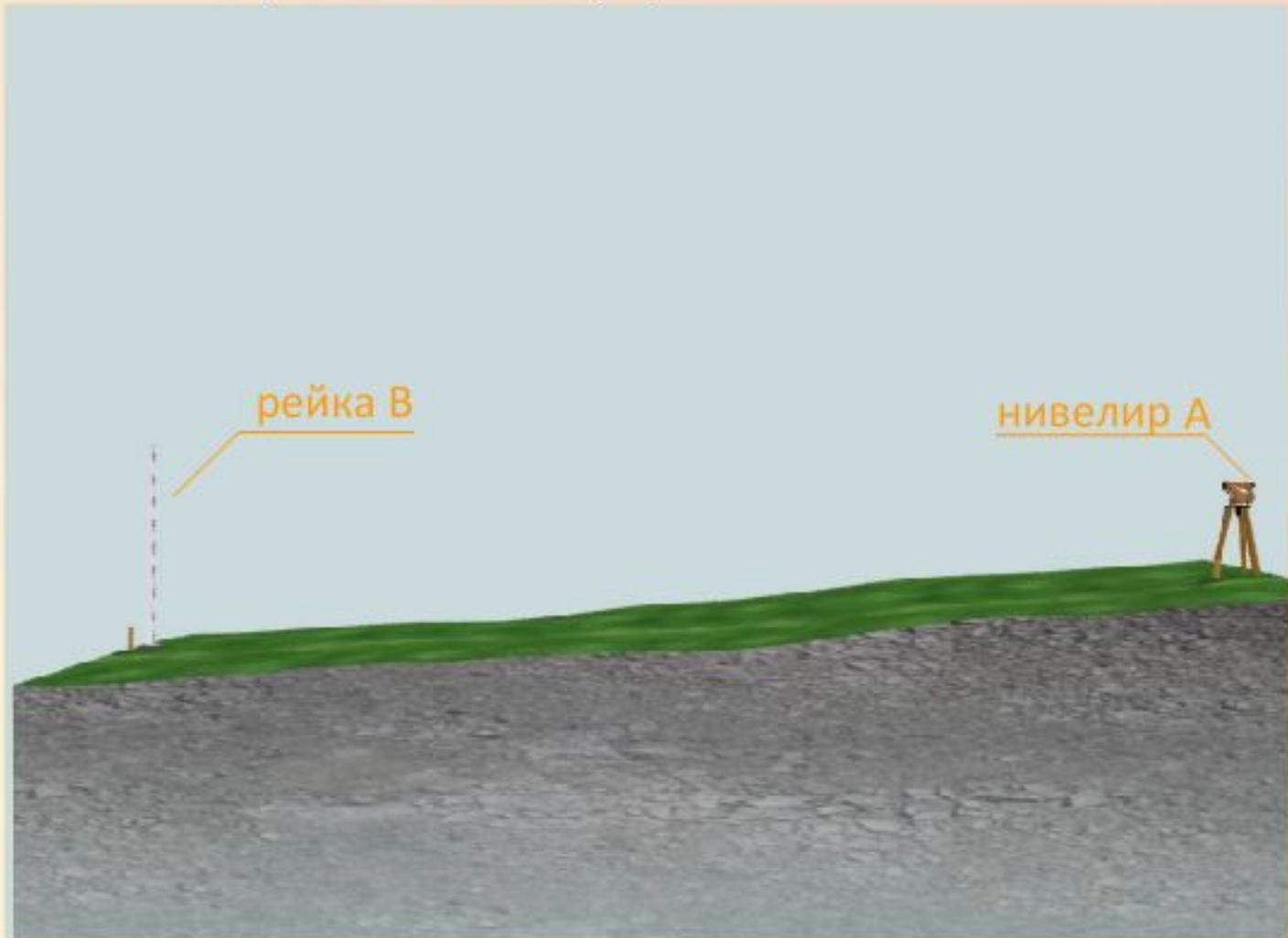
Измеряют высоту прибора i_1 .

Поверка 3. Ось цилиндрического уровня должна быть параллельна визирной оси трубы (главное геометрическое условие нивелира)



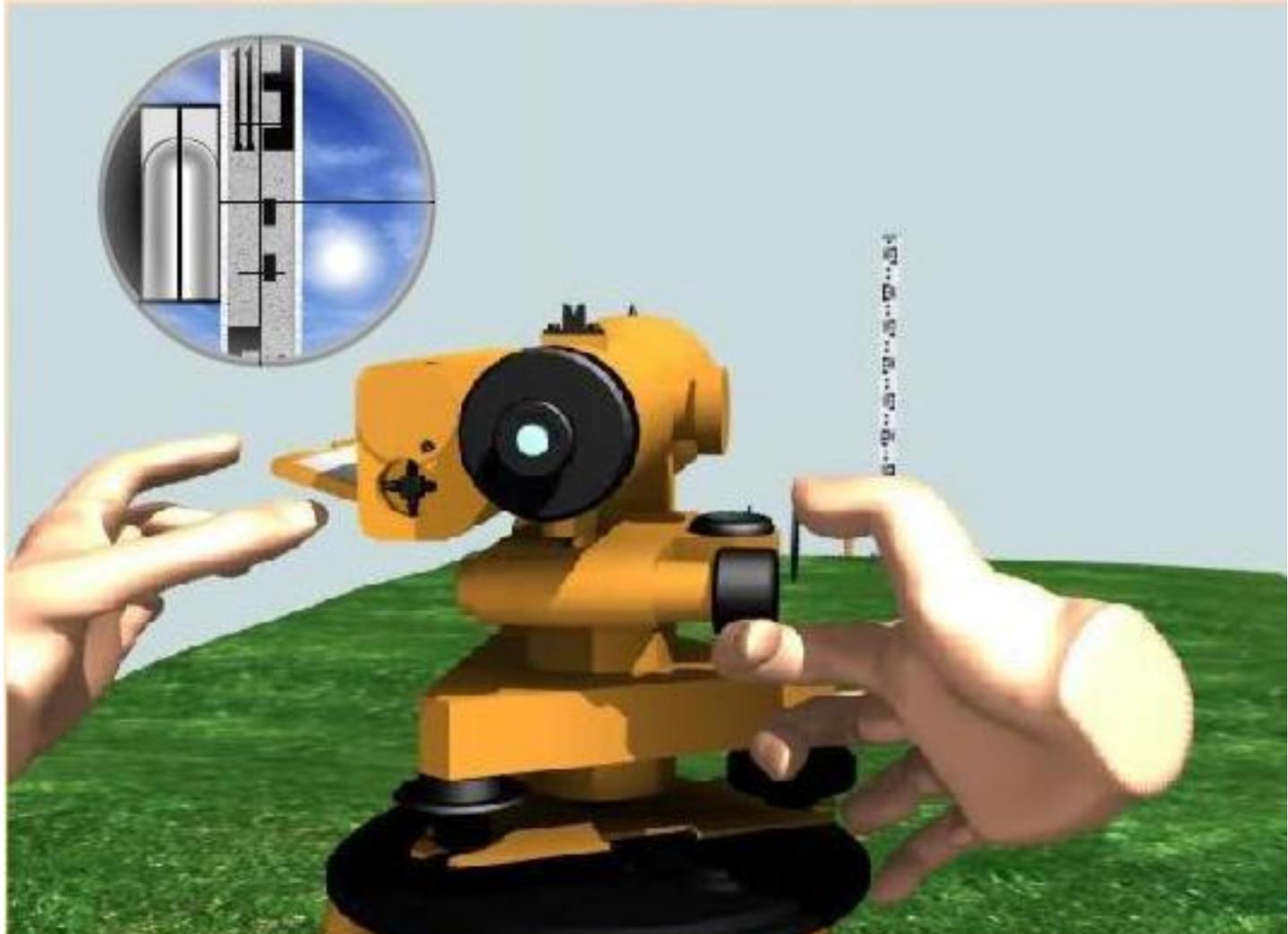
Меняют местами нивелир и рейку и измеряют высоту прибора i_2

Поверка 3. Ось цилиндрического уровня должна быть параллельна визирной оси трубы (главное геометрическое условие нивелира)



Затем совмещают концы пузырька цилиндрического уровня.

Поверка 3. Ось цилиндрического уровня должна быть параллельна визирной оси трубы (главное геометрическое условие нивелира)



И производят отсчет b_2 по рейке, стоящей в точке В.

Поверка 3. Ось цилиндрического уровня должна быть параллельна визирной оси трубы (главное геометрическое условие нивелира)

(Отклонение трубы)

$$X = \frac{b_1 + b_2}{2} - \frac{i_1 + i_2}{2};$$

допустимое условие : $X \leq 4$ мм

В нашем случае X будет превышать допустимое значение

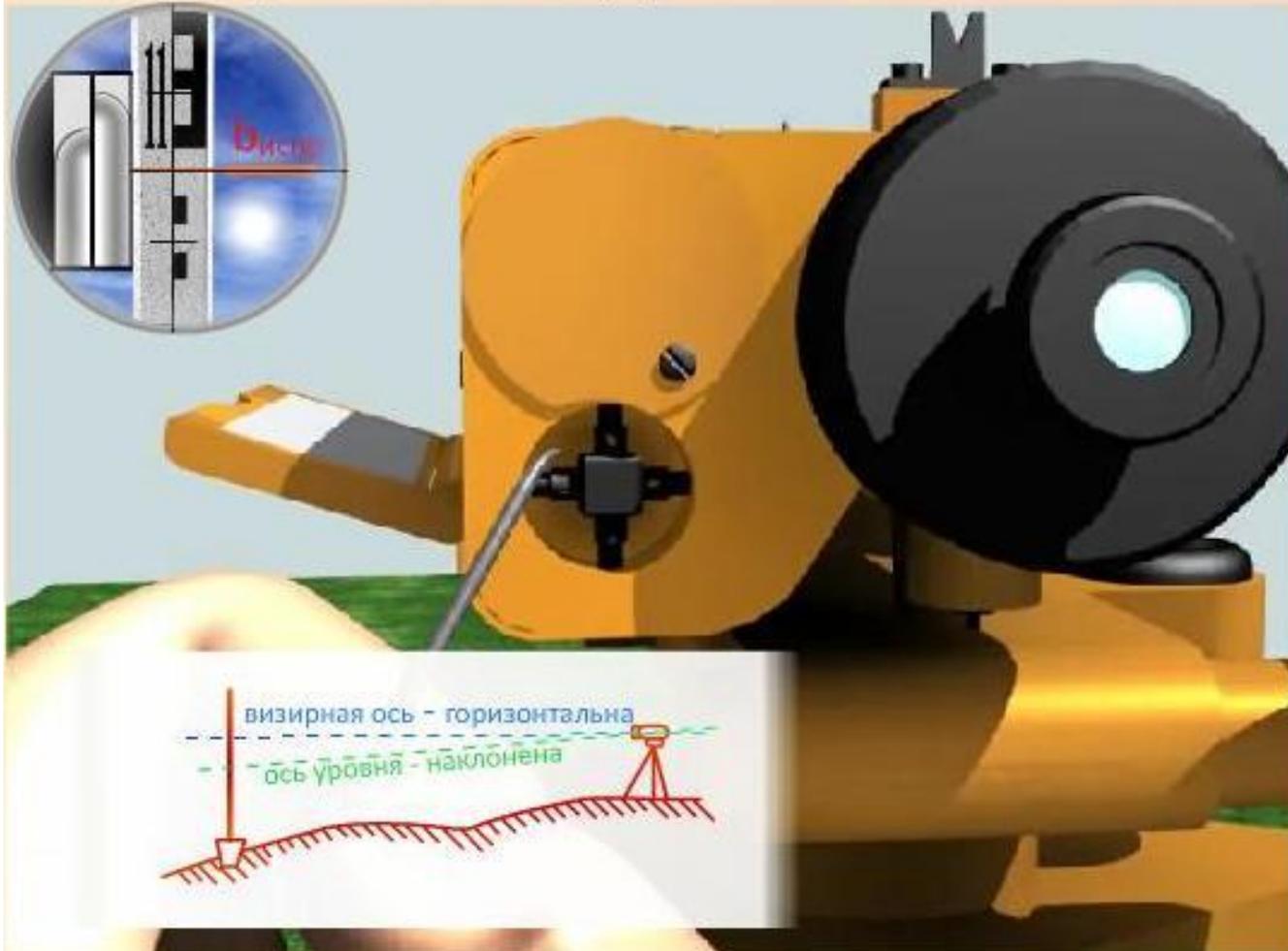
(исправленный отсчет)

$$b_{\text{исп.}} = b_2 - X$$



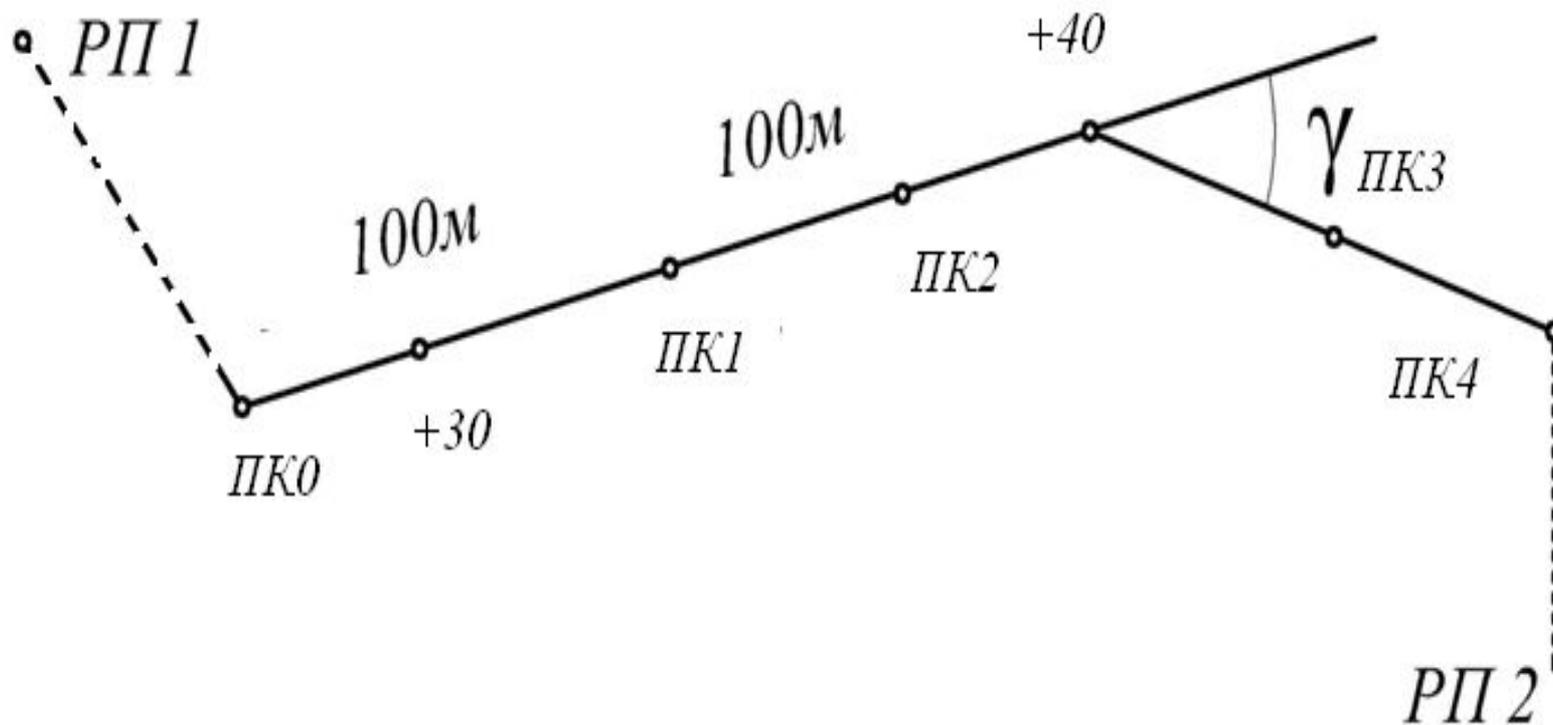
При несоблюдении главного условия нивелира отсчеты по рейке b_1 и b_2 будут отличаться от правильных на величину X , которая возникает от того, что ось уровня горизонтальна, а визирная ось наклонна. Величина X вычисляется по формуле, приведенной на слайде. Если величина X не превышает 4 мм по модулю, то исправление не производится. В противном случае вычисляется исправленный отсчет $b_{\text{исп.}}$.

Поверка 3. Ось цилиндрического уровня должна быть параллельна визирной оси трубы (главное геометрическое условие нивелира)

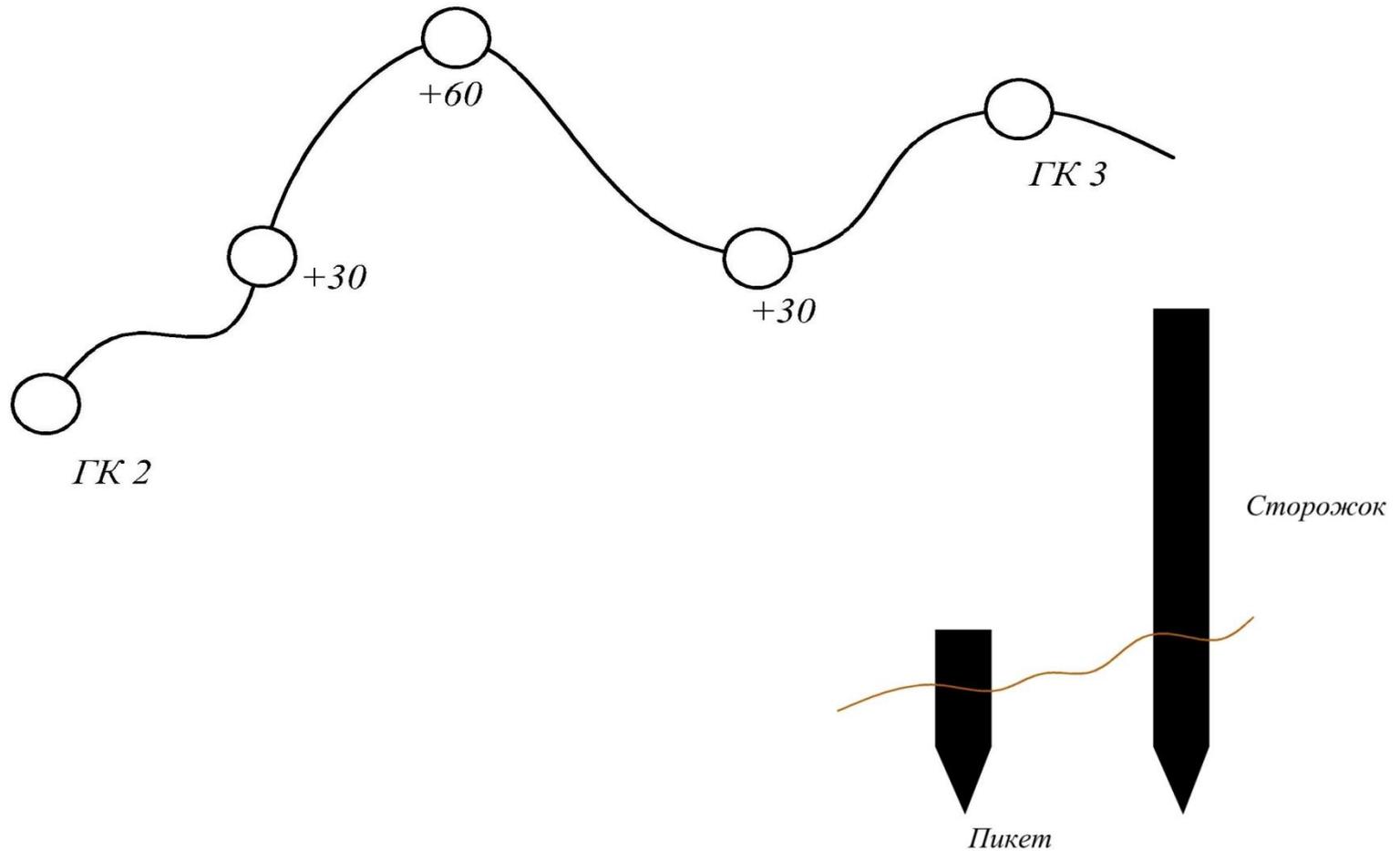


Наводим трубу на исправленный отсчет. В этот момент визирная ось придет в горизонтальное положение, а ось уровня отклонится, что будет заметно по расхождению концов пузырька.

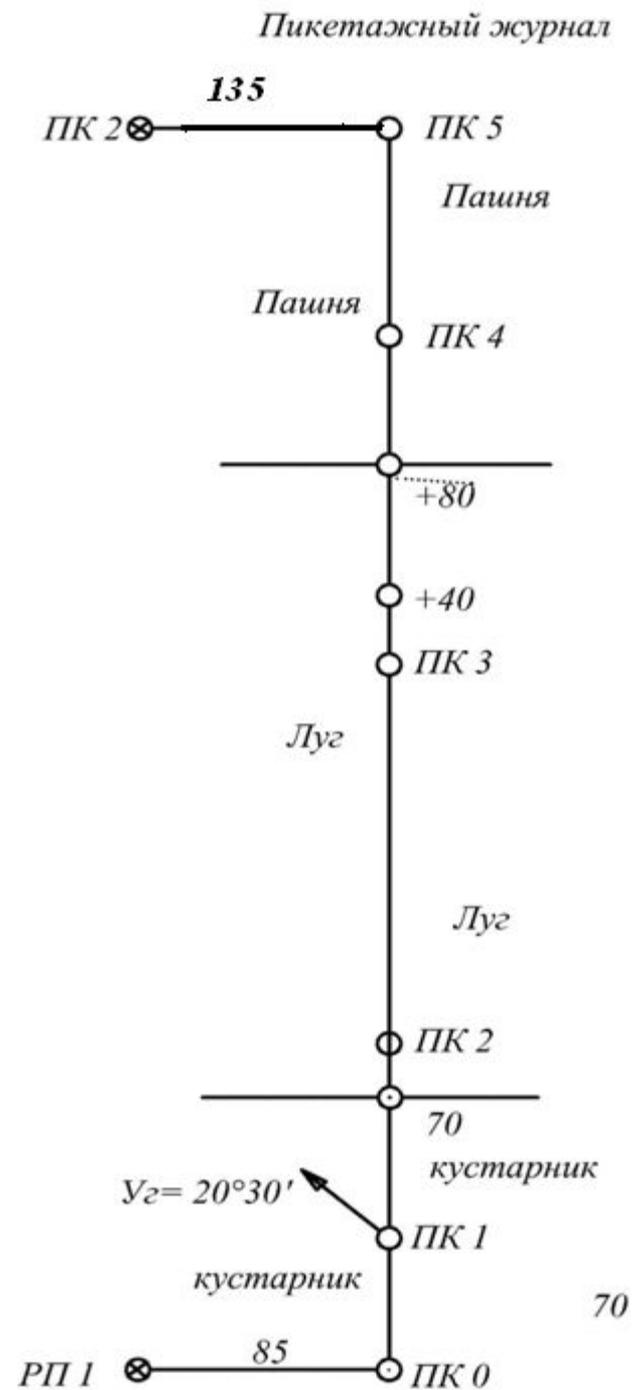
Продольное нивелирование



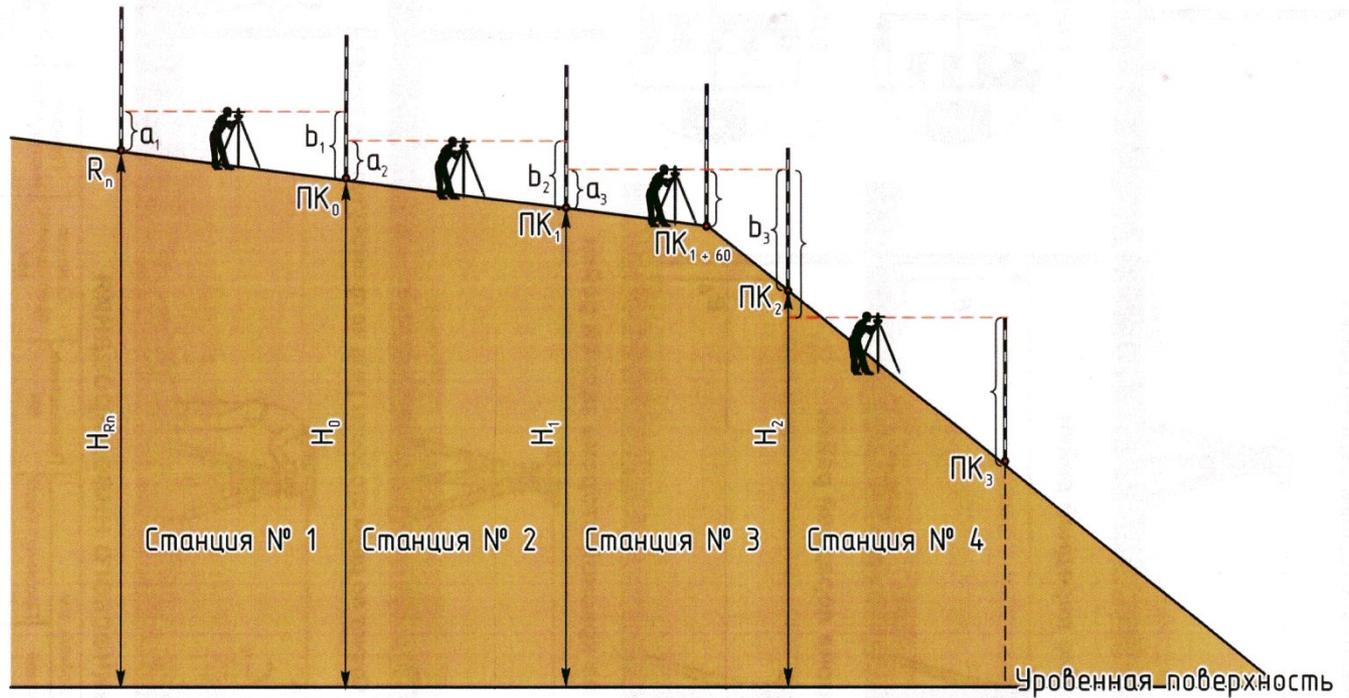
Подготовка трассы для нивелирования заключается в разбивке пикетажа



Подготовка трассы для нивелирования заключается в разбивке пикетажа



Продольное нивелирование по пикетажу



Расчет параметров

Станция № 1

$$h_{Rn-0 \text{ чер}} = a_{\text{чер}} - b_{\text{чер}}$$

$$h_{Rn-0 \text{ кр}} = a_{\text{кр}} - b_{\text{кр}}$$

$$h_{\text{сред}} = \frac{h_{\text{чер}} + h_{\text{кр}}}{2}$$

$$H_0 = H_{Rn} \pm h_{\text{сред}}$$

Станция № 2

Расчет:

$$a_{\text{чер}} = 1\ 065$$

$$h_{\text{чер}} = 1\ 065 - 1\ 095 = -0\ 030$$

$$b_{\text{чер}} = 1\ 095$$

$$h_{\text{кр}} = 6\ 066 - 6\ 094 = -0\ 028$$

$$a_{\text{кр}} = 6\ 066$$

$$h_{\text{сред}} = \frac{-0\ 030 + (-0\ 028)}{2} = -0\ 029$$

$$b_{\text{кр}} = 6\ 094$$

$$H_1 = H_0 - 0\ 029$$

Станция № 3

$$h_{1-2} = a - b$$

$$H_2 = H_1 \pm h_{1-2}$$

$$H_i = H_1 + a$$

$$H_{1+60} = H_i - c$$

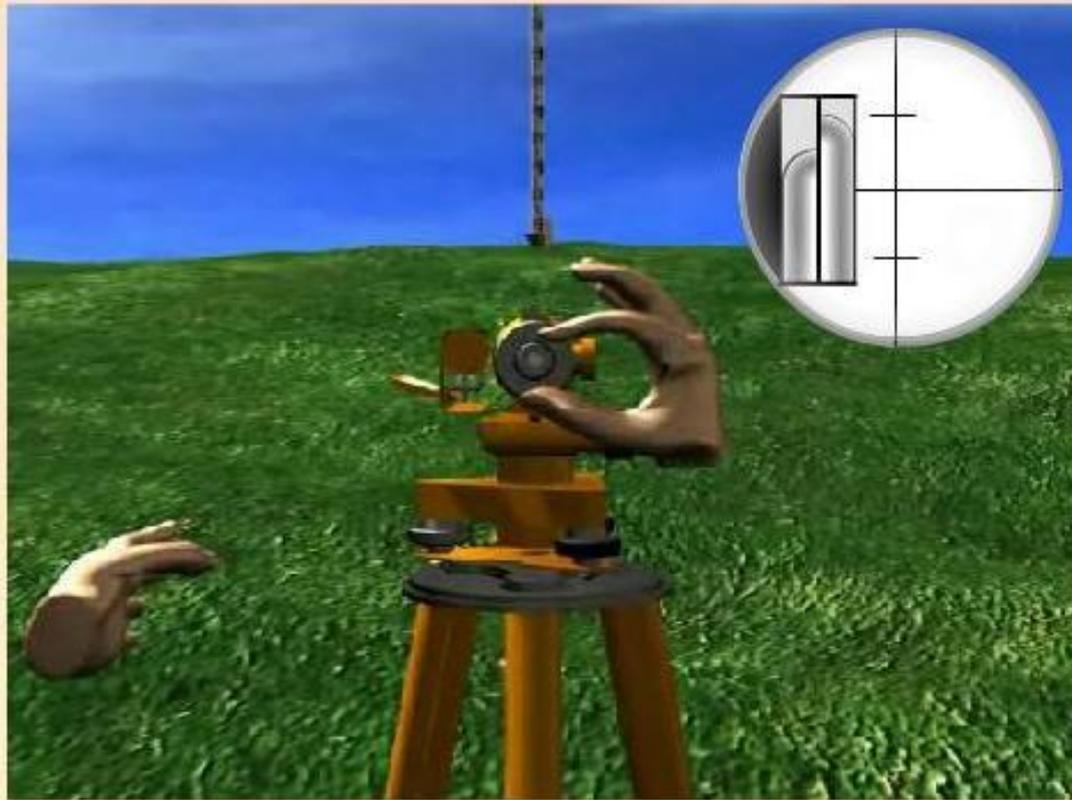
Приведение в рабочее положение



С помощью подъемных винтов приводим пузырек круглого уровня в центр ампулы.

Установка нивелира в рабочее положение:

Приведение в рабочее положение



Установка трубы по глазу производится вращением диоптрийного кольца до наилучшей видимости нитей сетки, при этом труба должна быть наведена на светлый фон.

Установка нивелира в рабочее положение:

Приведение в рабочее положение



Элевационным винтом выравнивают положение пузырьков уровня в нуль-пункте, чему соответствует оптический контакт его половинок.

Работа на станции складывается из следующих действий:

- 1) Отсчёт на заднюю рейку по чёрной стороне ($a_{ч}$);
- 2) Отсчёт на переднюю рейку по черной стороне ($b_{ч}$);
- 3) Отсчёт на переднюю рейку по красной стороне ($b_{к}$);
- 4) Отсчёт на заднюю рейку по красной стороне ($a_{к}$);
- 5) Отсчёты по чёрной стороне на промежуточных точках.

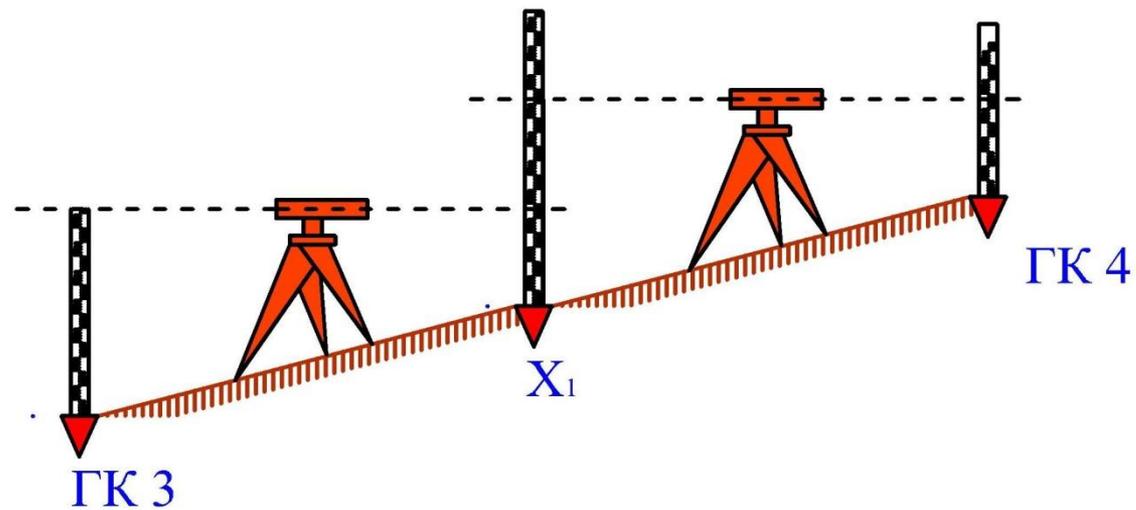
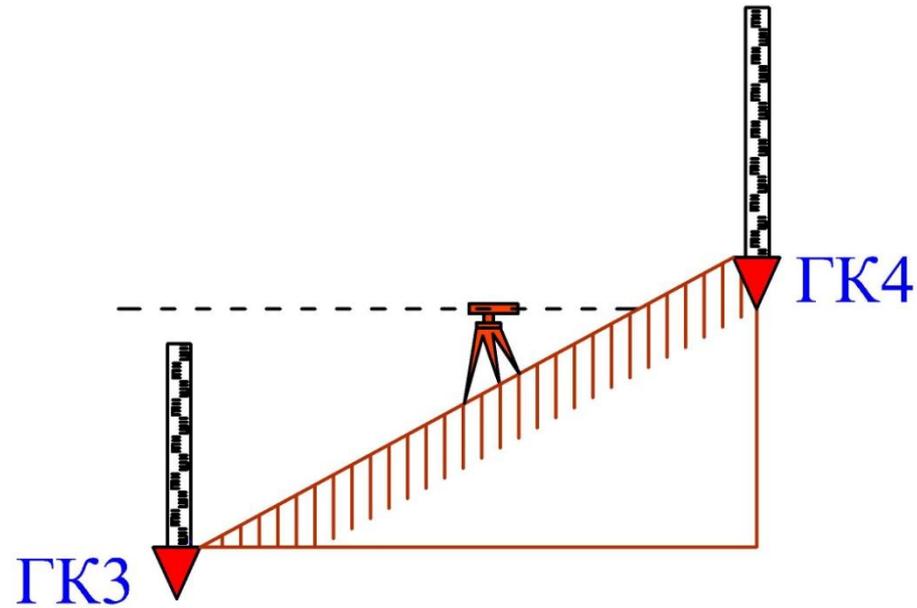
$$h_{ч} = a_{ч} - b_{ч};$$

$$h_{кр} = a_{кр} - b_{кр};$$

$$h_{ч} - h_{кр} \leq 5 \text{ (мм)};$$

$$h = \frac{h_{ч} + h_{ч}}{2}$$

Нивелирование иксовых точек





спасибо

За внимание!!!