

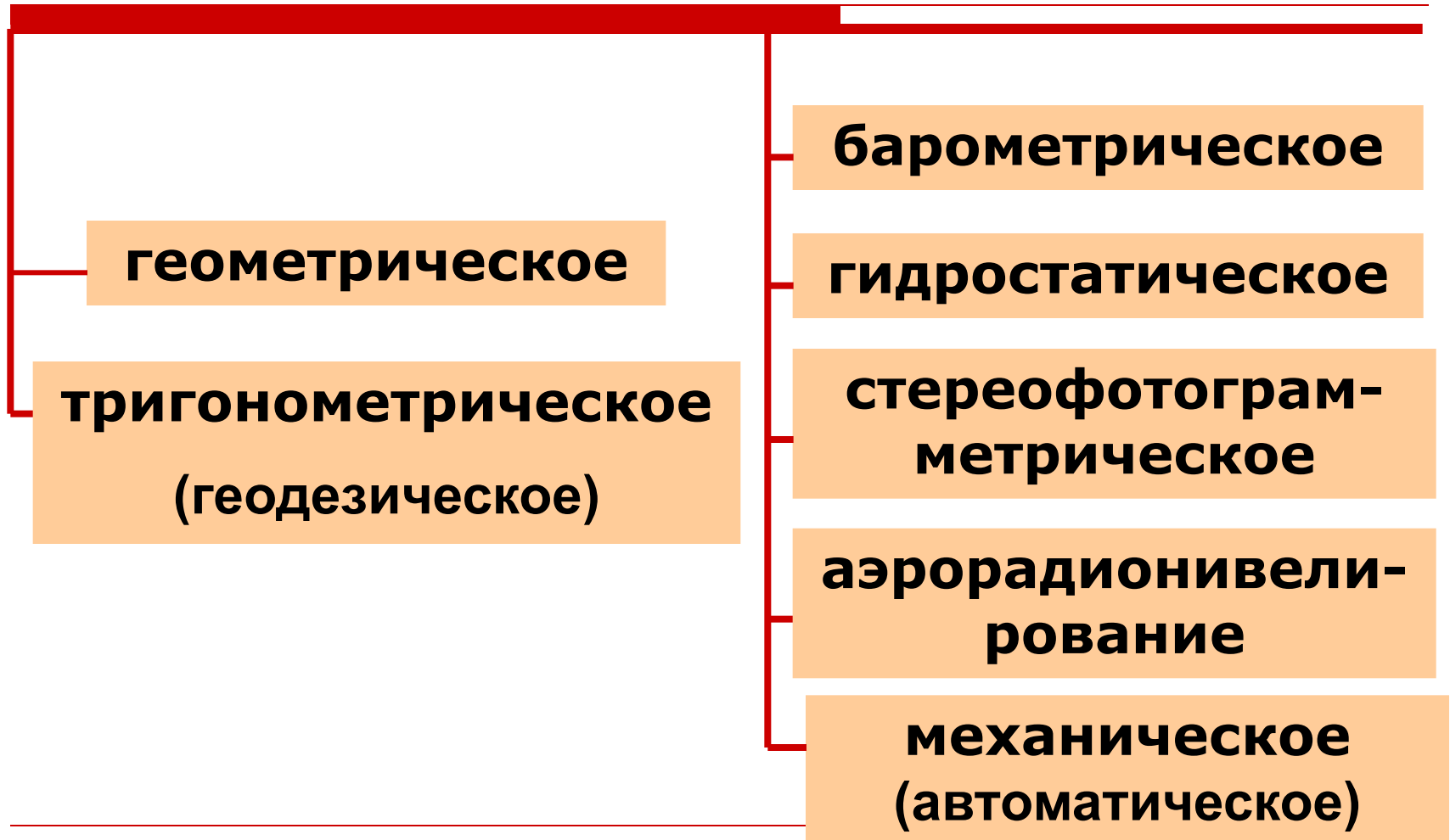
# Тема 2.3 Высотные измерения (нивелирование)

---

---

- 1. Виды нивелирования**
- 2. Сущность и способы геометрического нивелирования. Нивелирные знаки**
- 3. Влияние кривизны Земли и рефракции на результаты геометрического нивелирования**
- 4. Нивелиры: классификация, устройство, поверки. Нивелирные рейки**
- 5. Основные источники погрешностей геометрического нивелирования**
- 6. Полевые и камеральные работы при производстве технического нивелирования**
- 7. Тригонометрическое нивелирование**

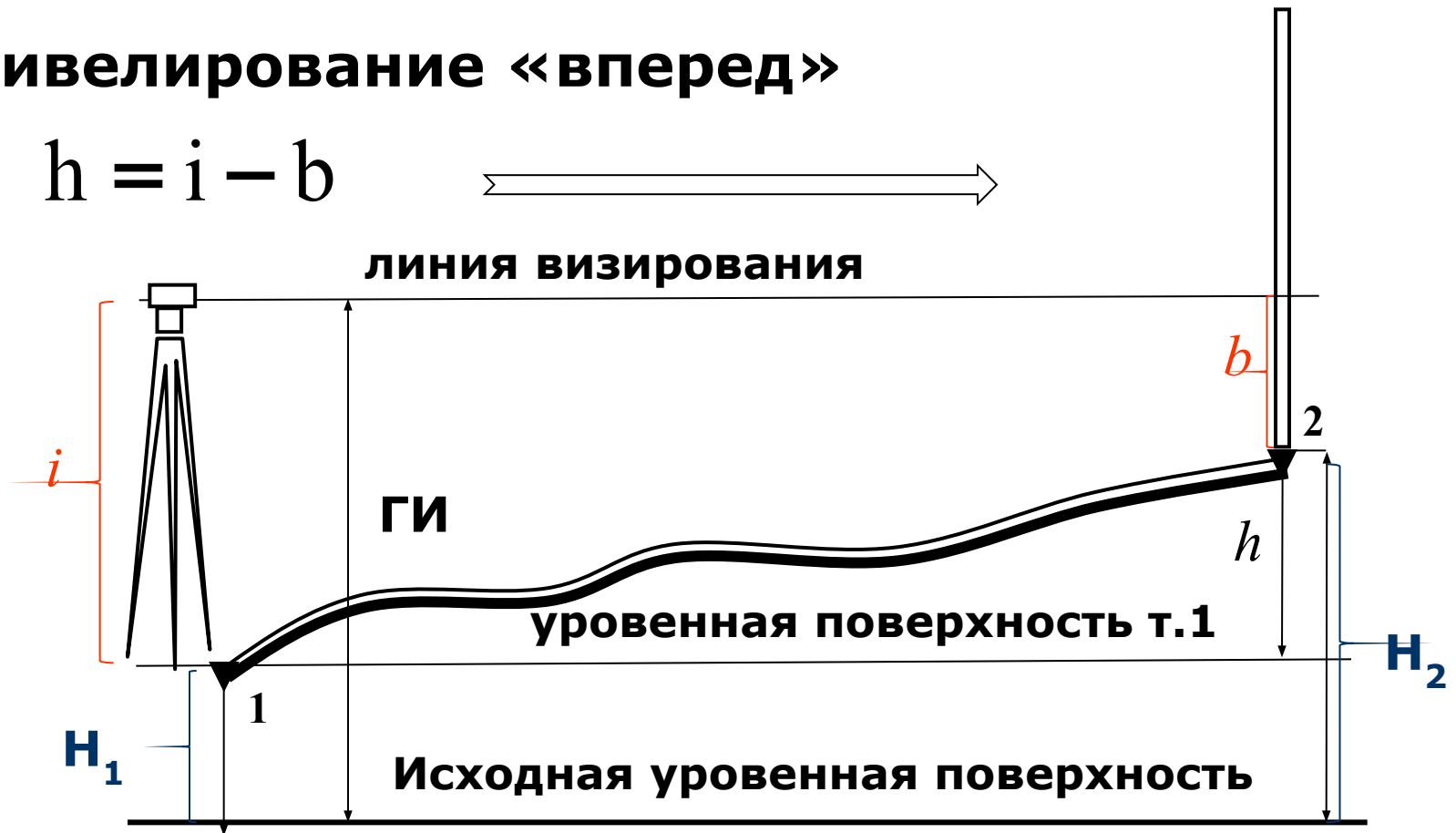
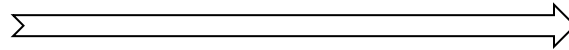
# 1. Виды нивелирования



# 2. Сущность и способы геометрического нивелирования

## Нивелирование «вперед»

$$h = i - b$$

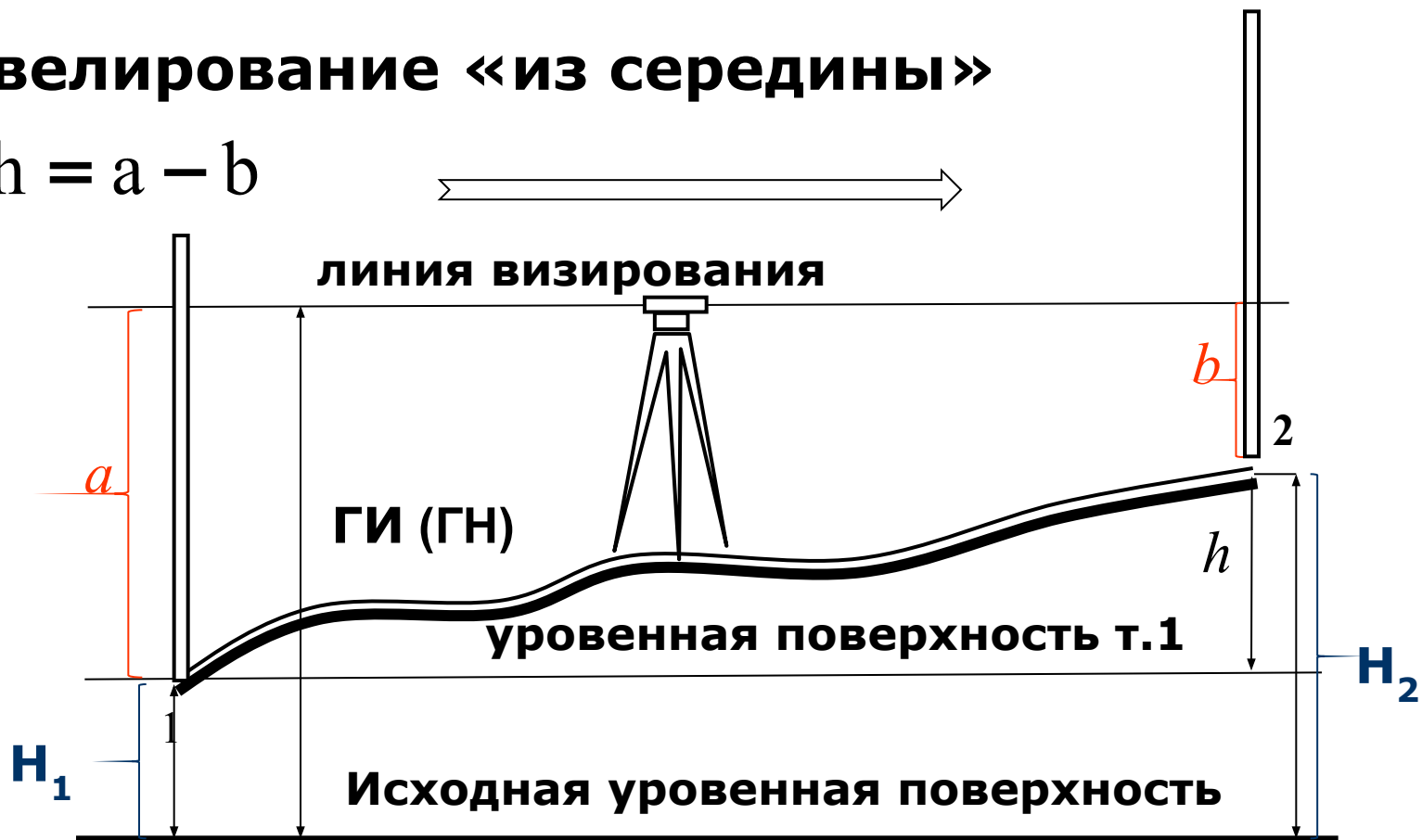


# Сущность и способы геометрического нивелирования

$$\begin{aligned} \text{ГИ} &= H_1 + a = H_2 + b \\ H_2 &= \text{ГИ} - b \end{aligned}$$

## Нивелирование «из середины»

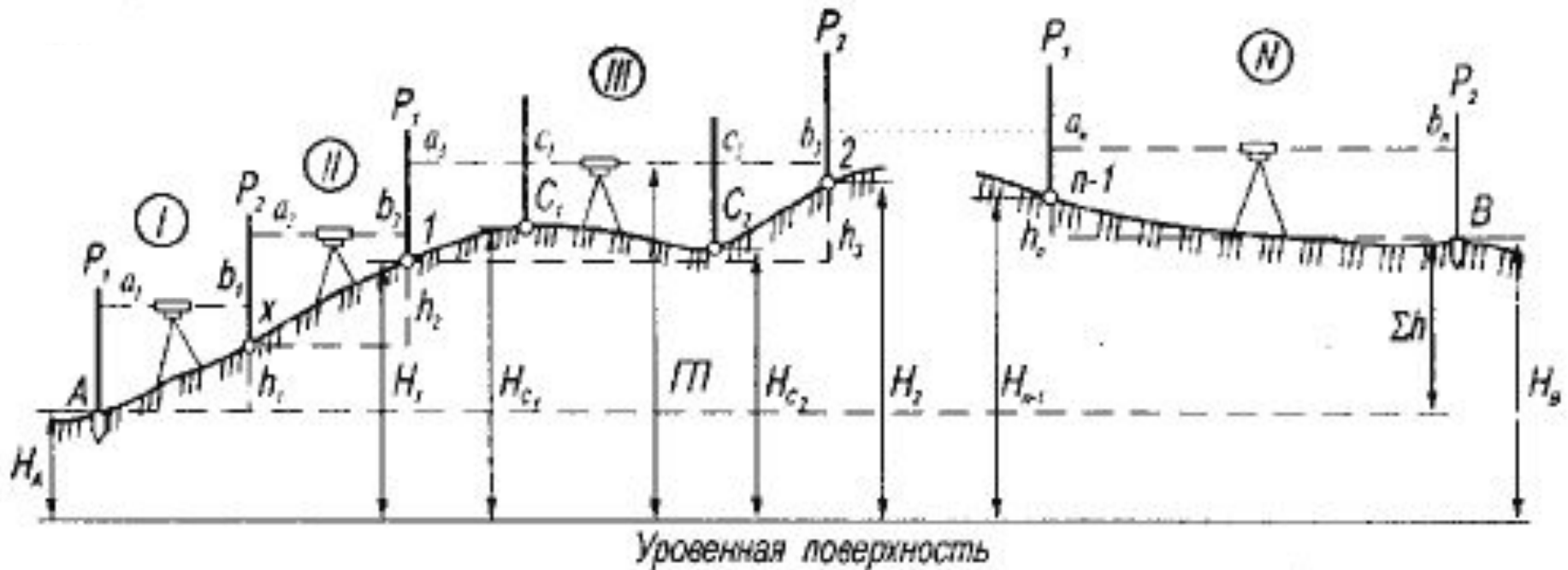
$$h = a - b$$



# Сущность и способы геометрического нивелирования

$$H_B = H_A + h_{ab} = H_A + \sum_1^n h$$

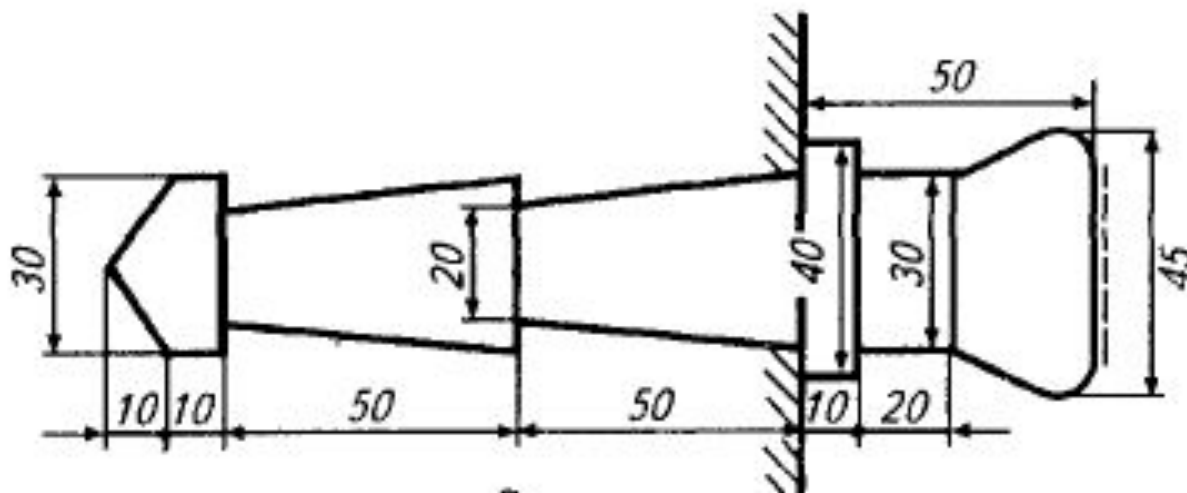
**Нивелирный ход (последовательное сложное нивелирование)**



# Нивелирные знаки

---

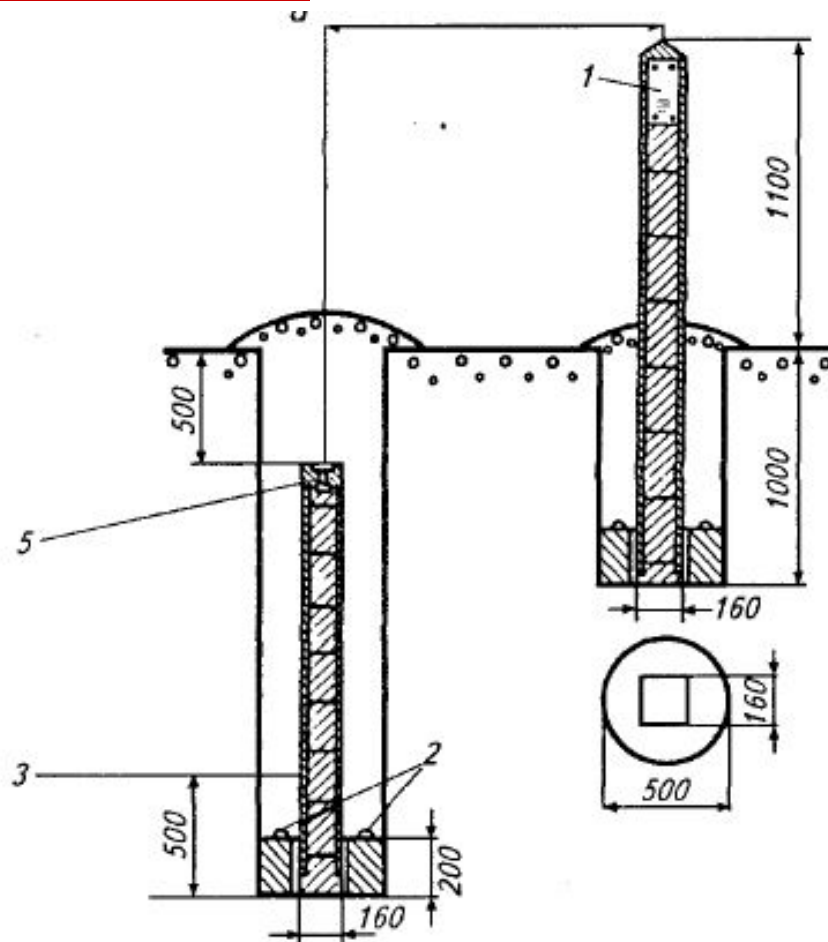
## стенной репер



# Нивелирные знаки

---

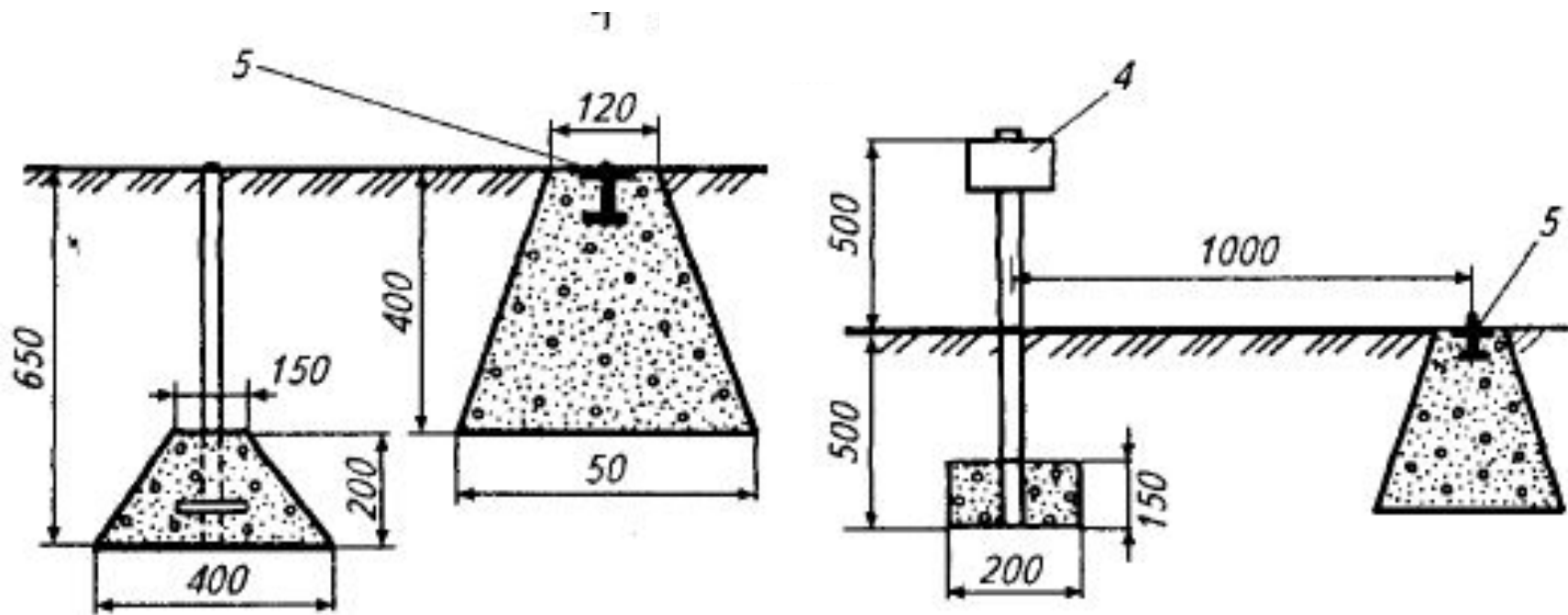
**грунтовой  
репер с  
маркой**



# Нивелирные знаки

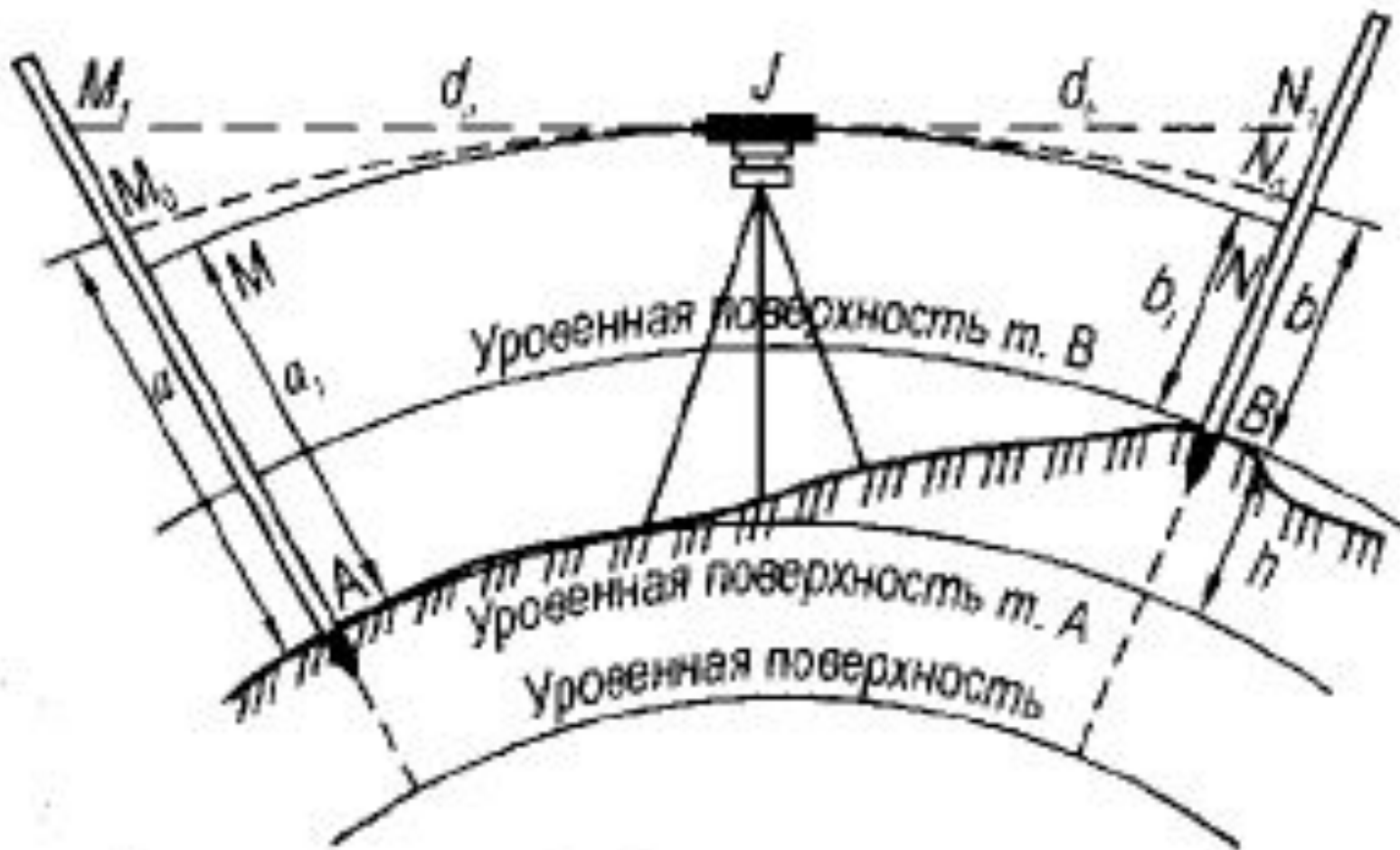
---

**железобетонный пилон с маркой и охранной табличкой**





# Влияние кривизны Земли и рефракции на результаты геометрического нивелирования



# Влияние кривизны Земли и рефракции на результаты геометрического нивелирования

---

$$h = a_1 - b_1$$

$$h = (a_1 + MM_1) - (b_1 + NN_1)$$

$$r = \frac{d^2}{14R}$$

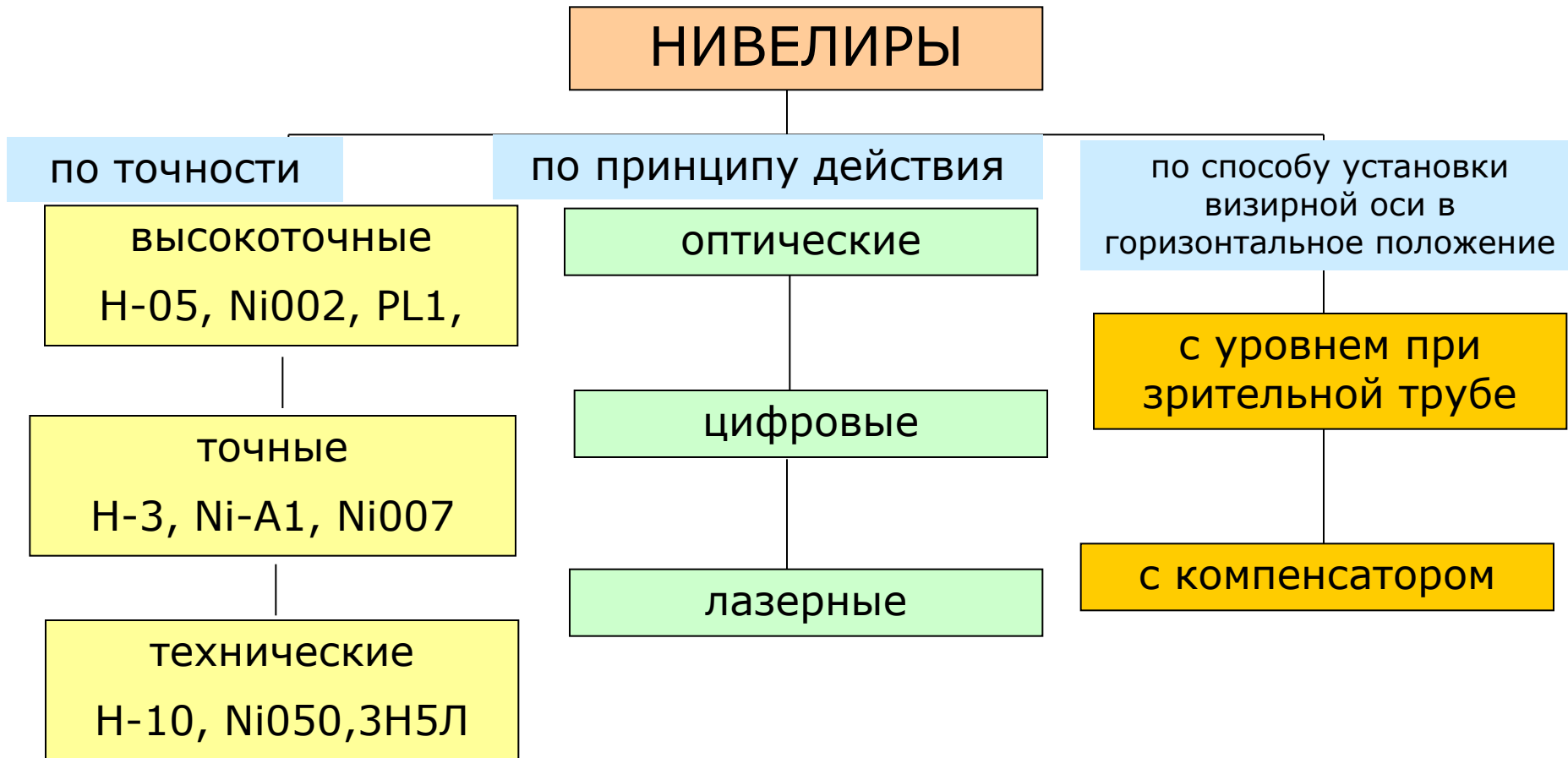
$$k = \frac{d^2}{2R}$$

$$f = k - r = \frac{d^2}{2R} - \frac{d^2}{14R} = 0,43 \frac{d^2}{R}$$

$$h = (a_1 - f_a) - (b_1 - f_b)$$

$$h = (a_1 - b_1) - (f_a - f_b)$$

# 3. Нивелиры. Классификация.



# Оптические нивелиры

---



# Электронные нивелиры

---



SDL 30/50

# Лазерные нивелиры



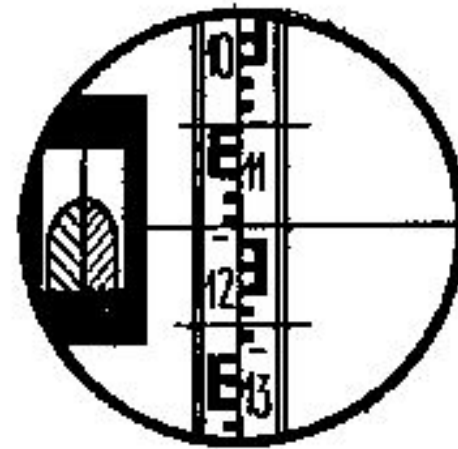
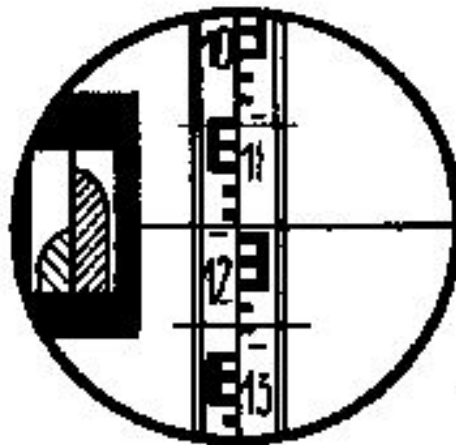
# Нивелиры с уровнем при зрительной трубе (Н-3).





# Поле зрения зрительной трубы нивелира Н-3

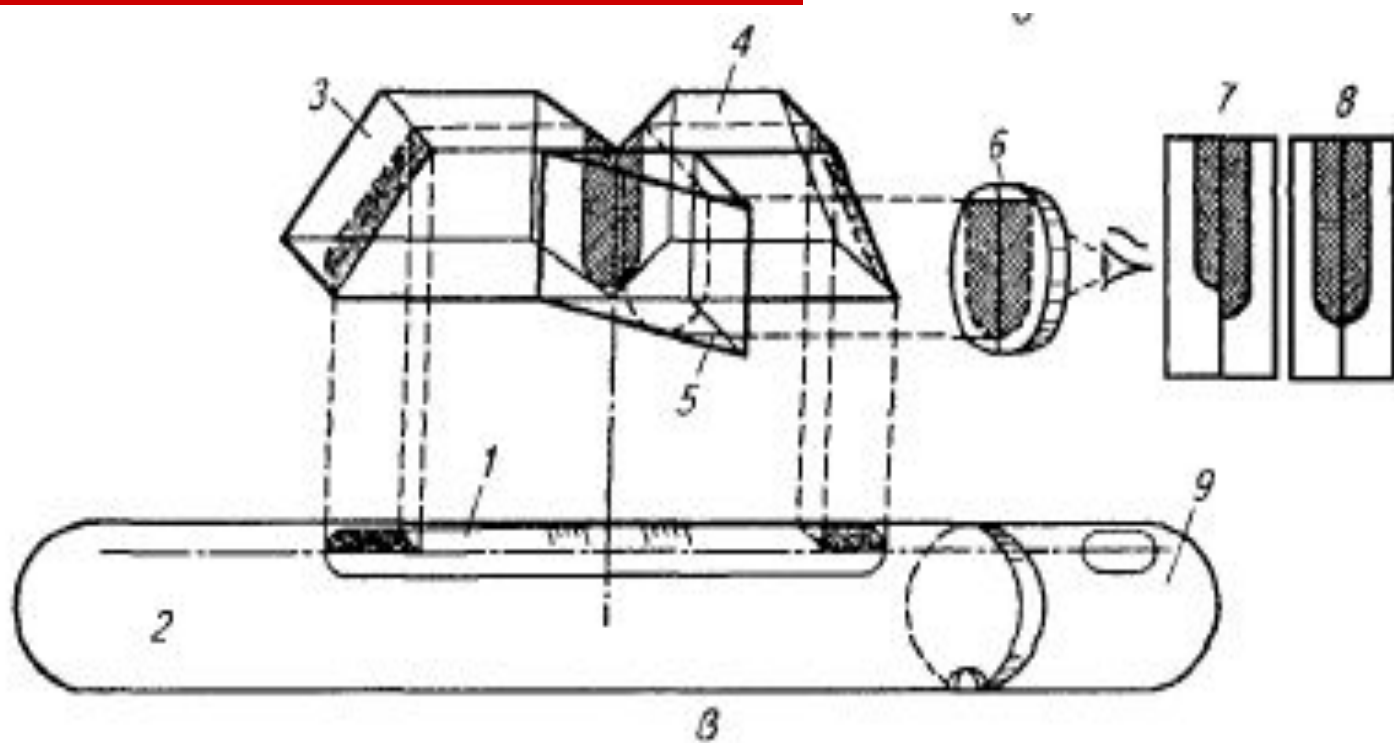
---





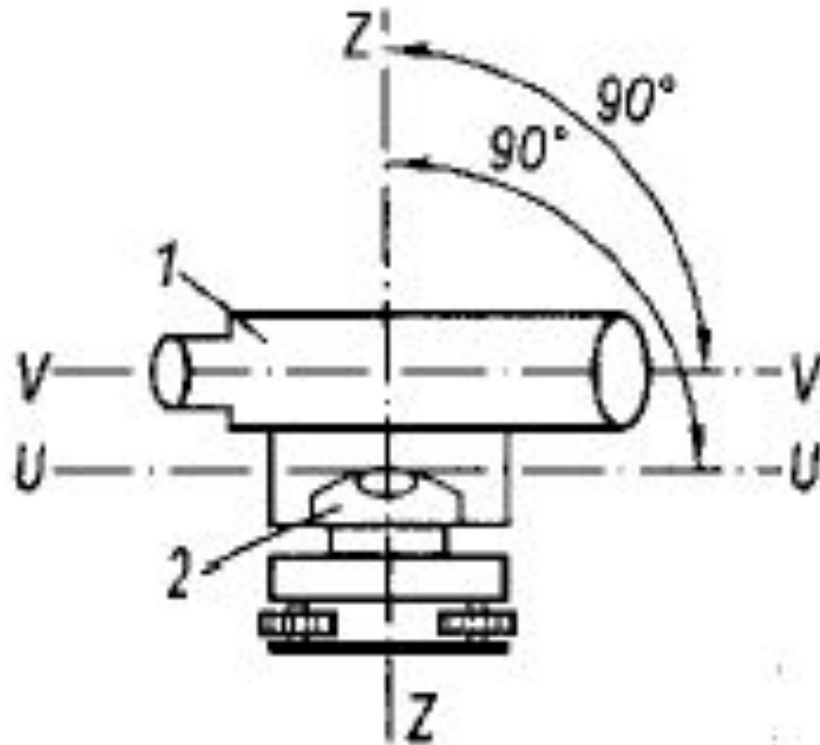
# Схема контактного уровня

---



# Принципиальная схема нивелира с уровнем при зрительной трубе

---



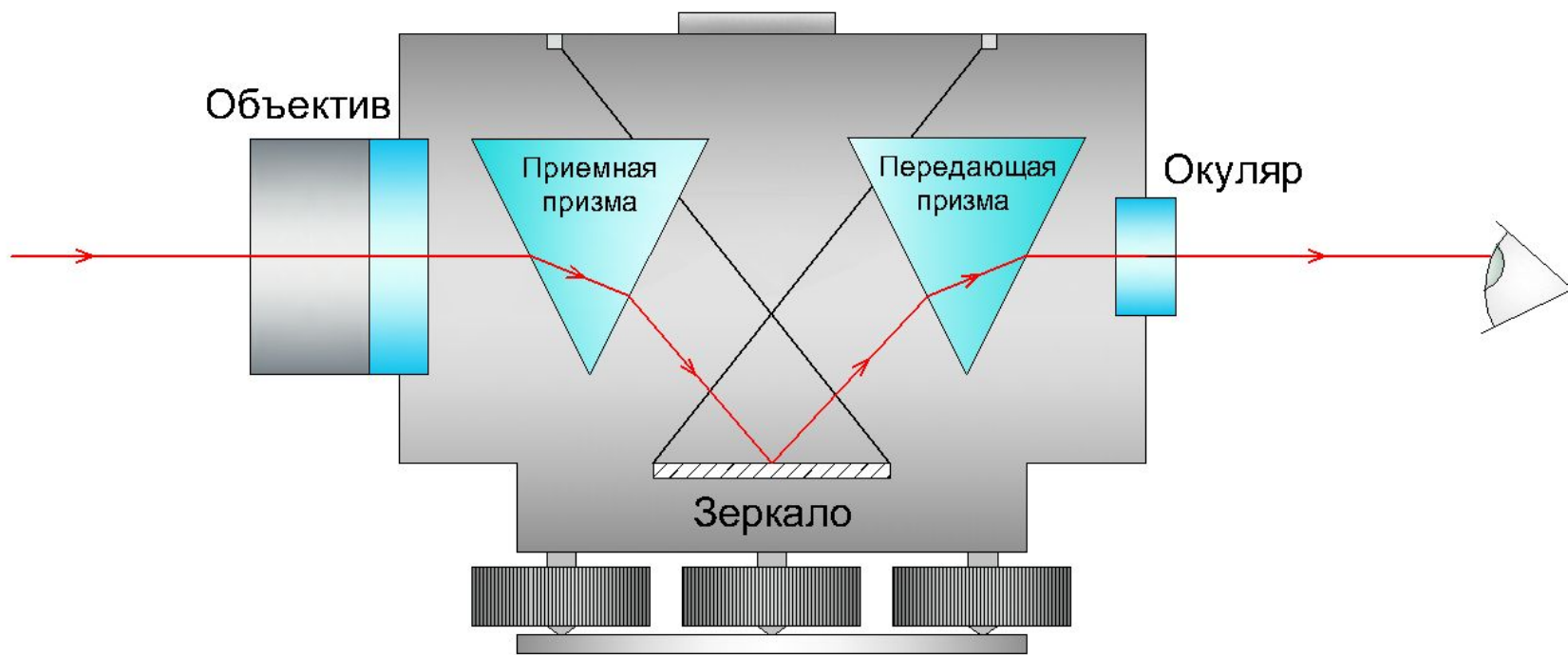
# Нивелиры с компенсатором

---



- 1 - наводящий винт
- 2 – зрительная труба с компенсатором
- 3 - окуляр
- 4 – круглый уровень с исправительными винтами
- 5 - подставка
- 6 - подъемный винт
- 7 – пружинящая пластинка с втулкой

**Устройство нивелира**



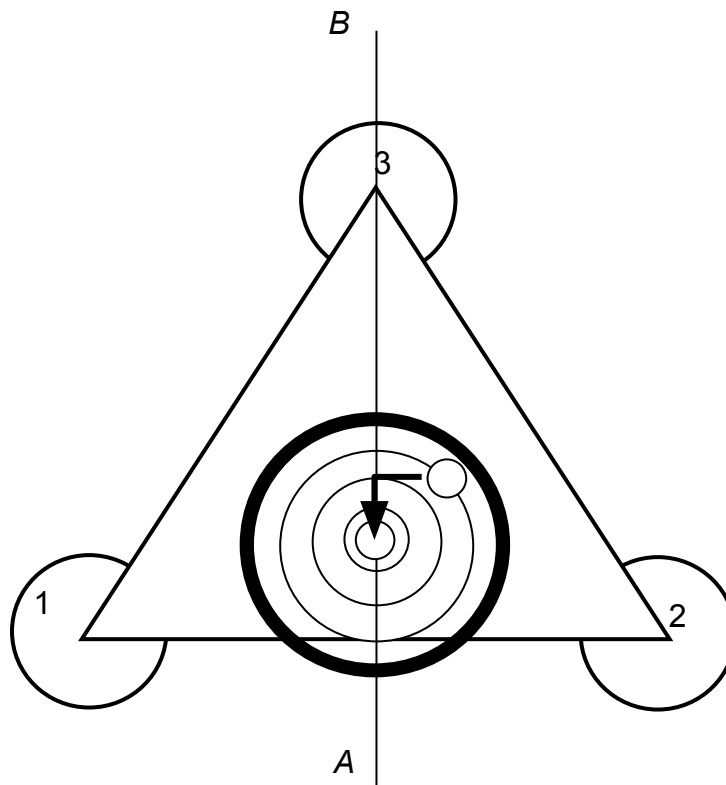
# Поверки нивелиров

---

- 1. Ось круглого уровня должна быть параллельна оси вращения нивелира.**
- 2. Вертикальная нить сетки при среднем положении пузырька уровня совпадает с отвесной линией, а горизонтальная нить сетки перпендикулярна к вертикальной оси нивелира .**

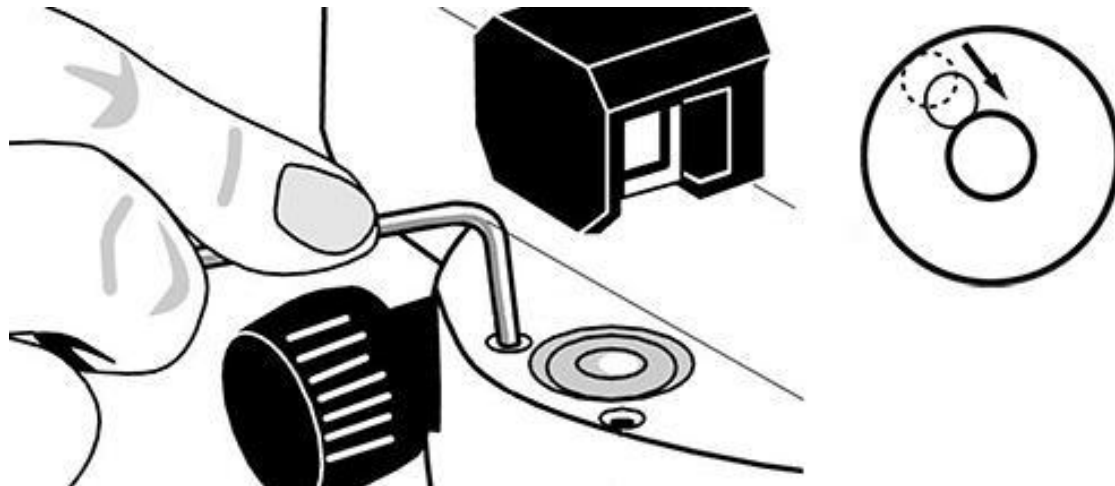
# Поверка круглого уровня

---



# Юстировка круглого уровня

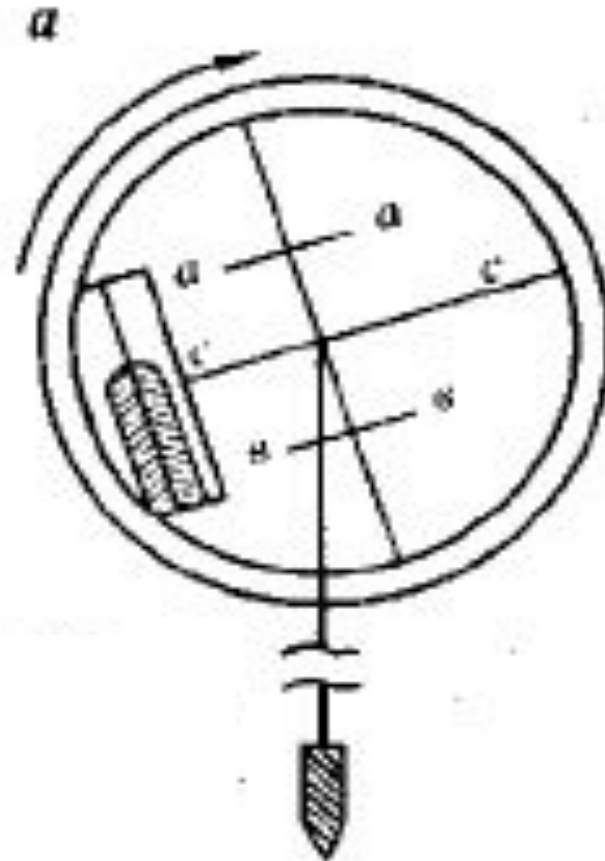
---



# Поверка сетки нитей

---

I способ

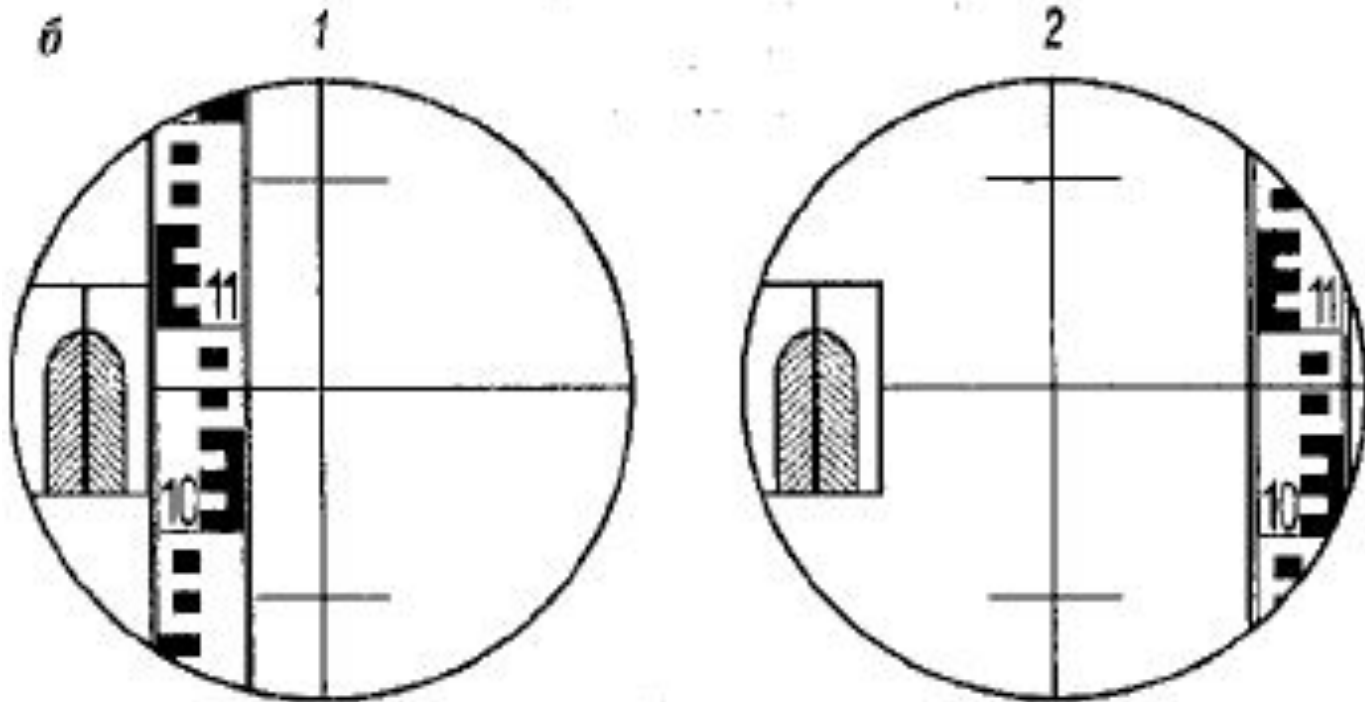




# Проверка сетки нитей

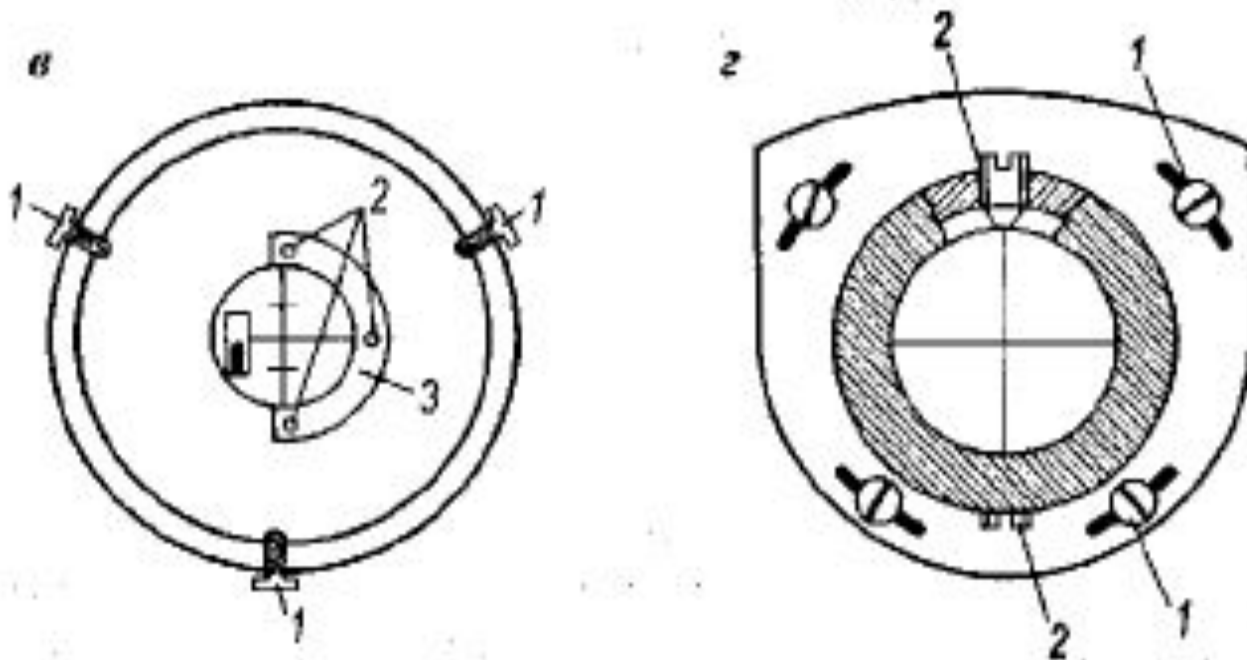
---

II способ



# Исправление сетки нитей

---



# Поверки нивелиров

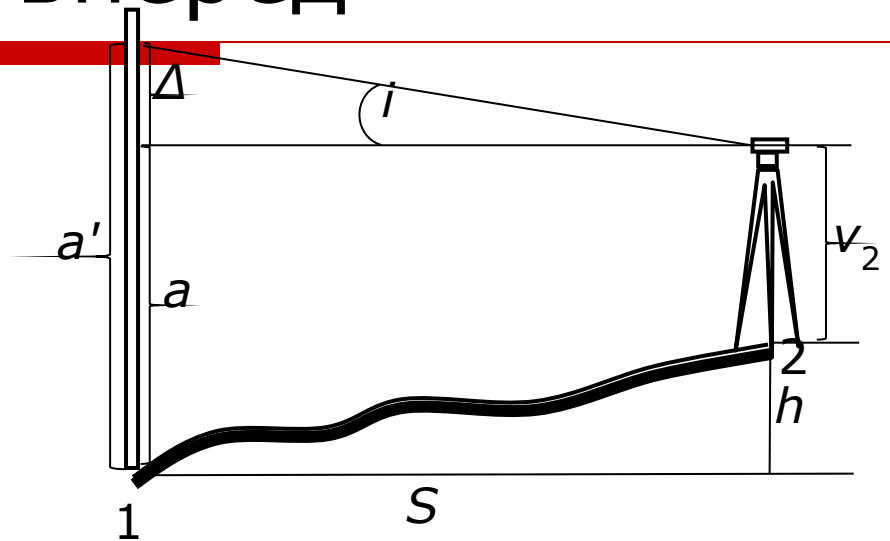
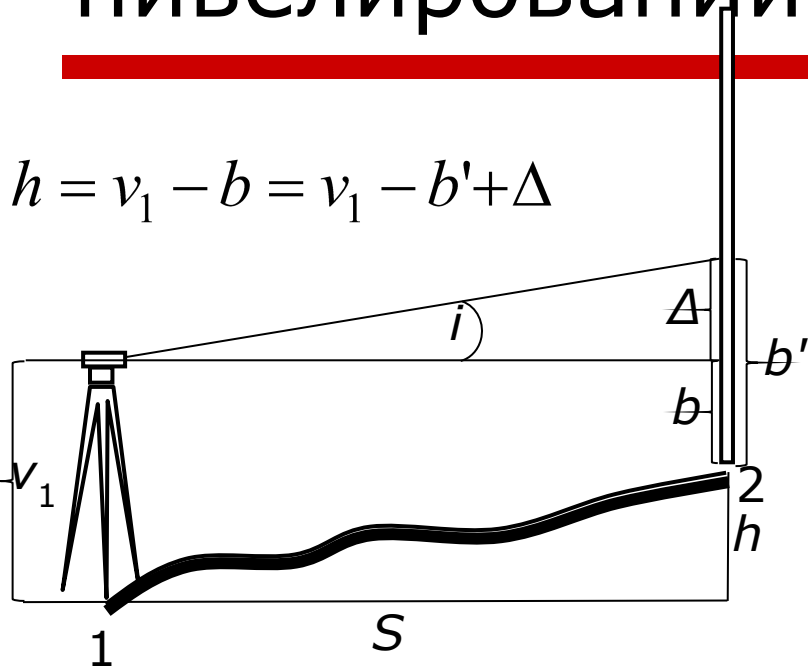
---

## **3. Главное условие:**

- визирная ось параллельна оси цилиндрического уровня;
- визирная ось горизонтальна в пределах стабилизации компенсатора ( $\pm 8-25''$ ).

# Схема определения угла $i$ при нивелировании вперед

$$h = v_1 - b = v_1 - b' + \Delta$$

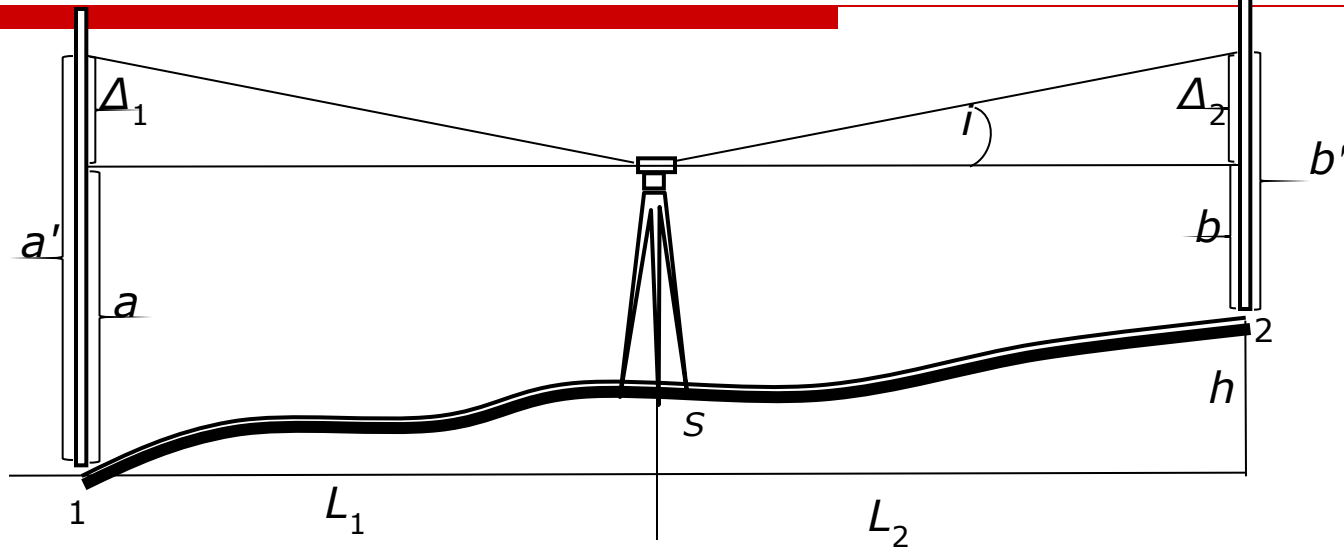


$$h = a - v_2 = a' - \Delta - v_2$$

$$\Delta = \frac{v_1 - b'}{2} + \frac{v_2 - a'}{2} = \frac{a' + b'}{2} - \frac{v_1 + v_2}{2}$$

$$i'' = \frac{\Delta}{S} \cdot \rho''$$

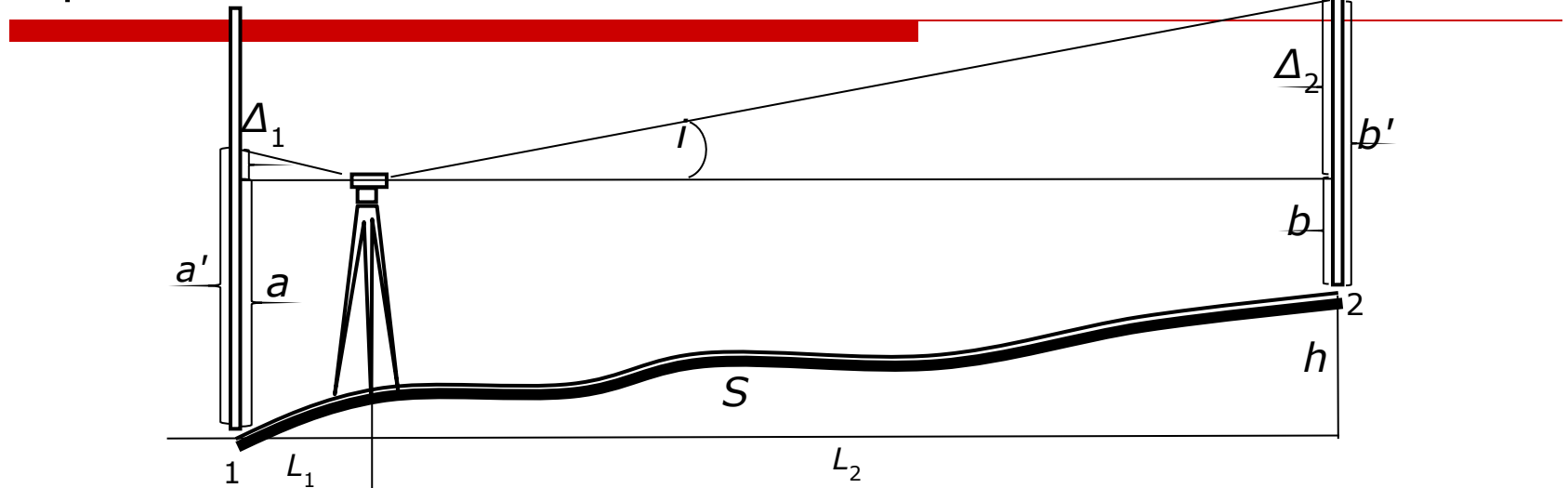
Схема проверки главного условия нивелира (определения угла  $i$ ) при нивелировании из середины в сочетании с нивелированием вперед



$h = a' - b' = a + \Delta_1 - b - \Delta_2$       так как плечи  $L_1 = L_2$ , то  $\Delta_1 = \Delta_2$

$h = a' - b' = a - b$

Схема проверки главного условия нивелира (определения угла  $i$ ) при нивелировании из середины в сочетании с нивелированием вперед

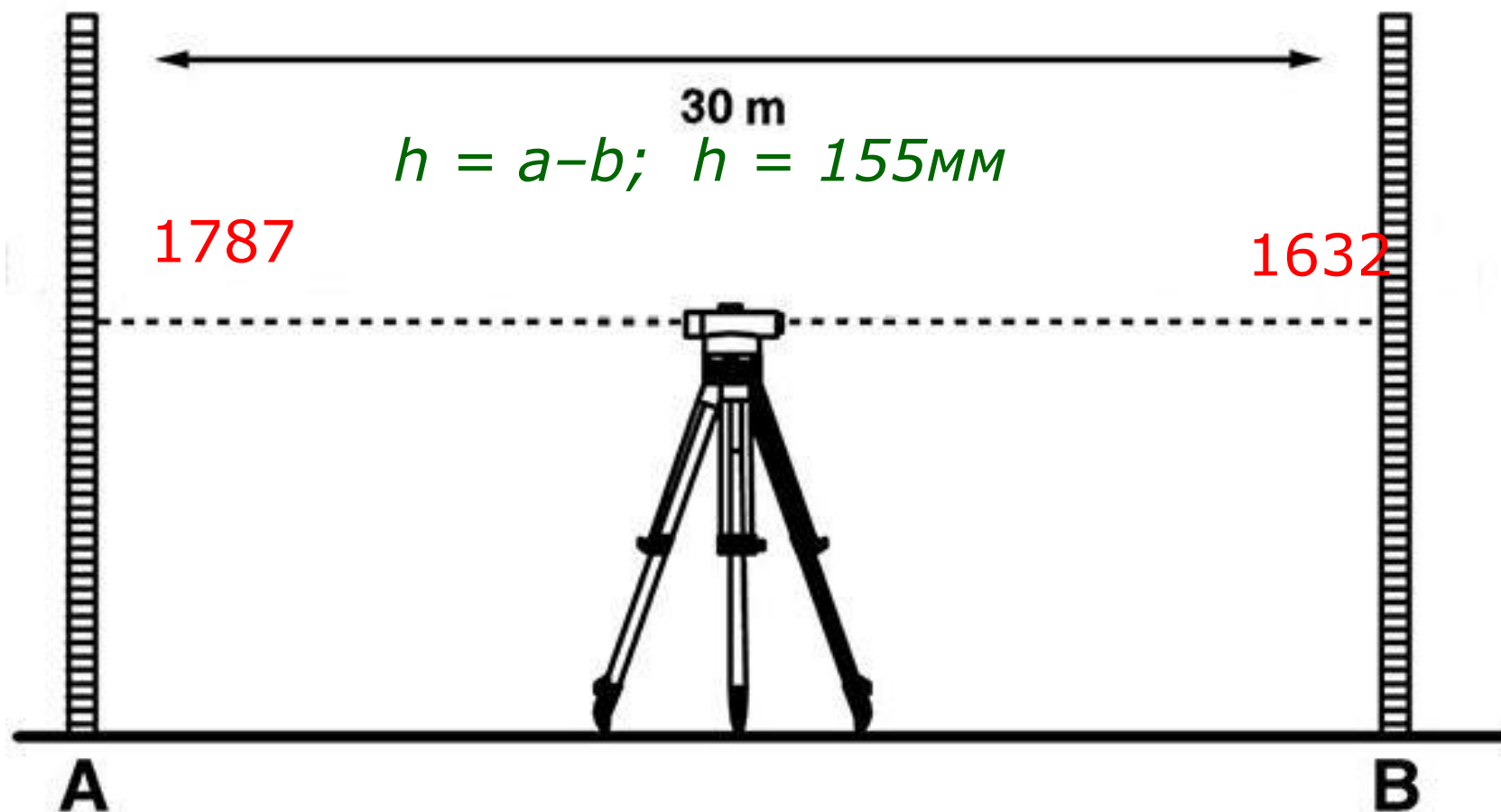


$$\Delta = (b_2 - b_1) - (a_2 - a_1)$$

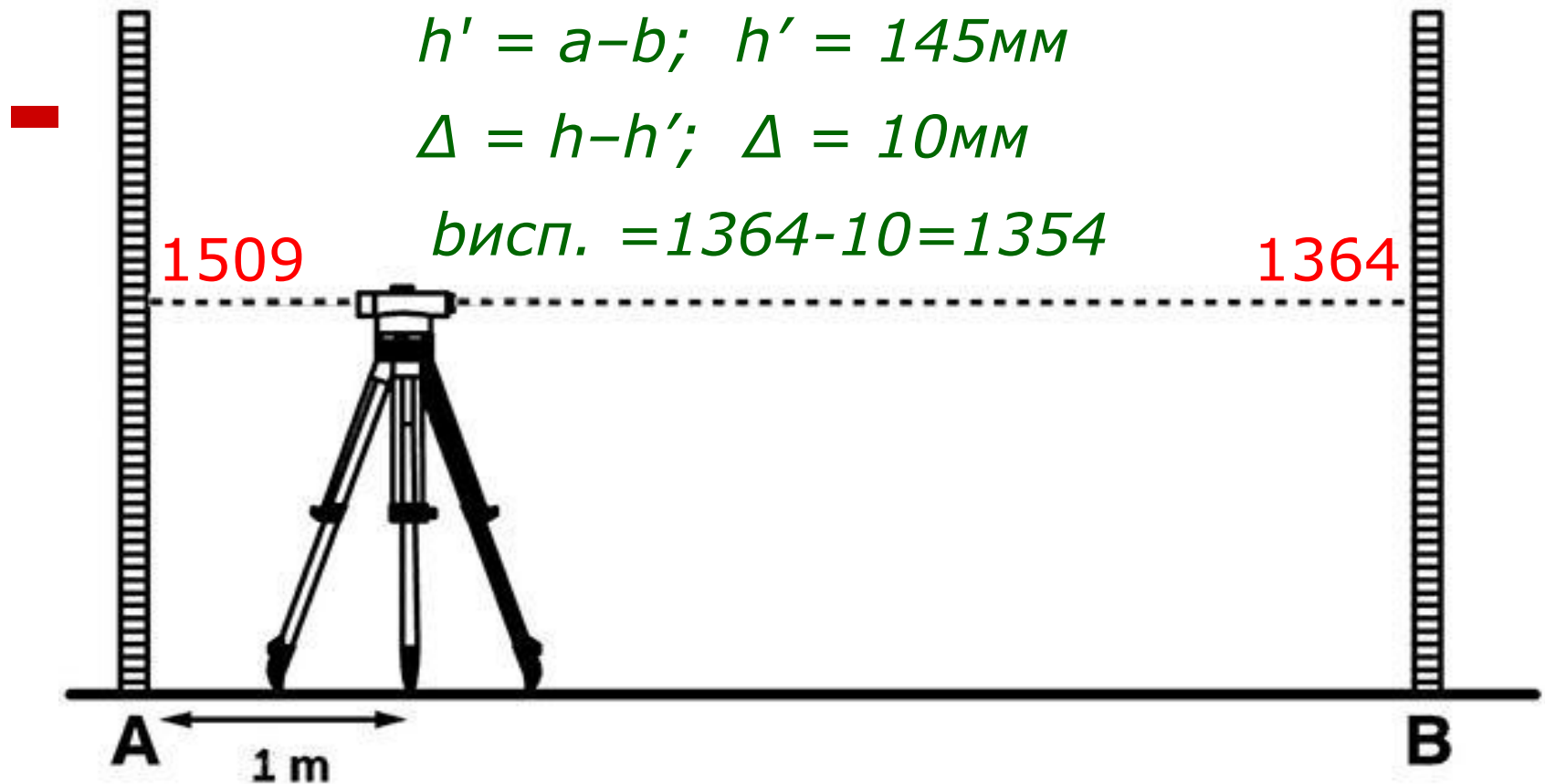
$$\Delta_{\text{доп.}} = \frac{0.1S}{2}$$

$$\text{висп.} = b = b' - \Delta.$$

# Проверка главного условия

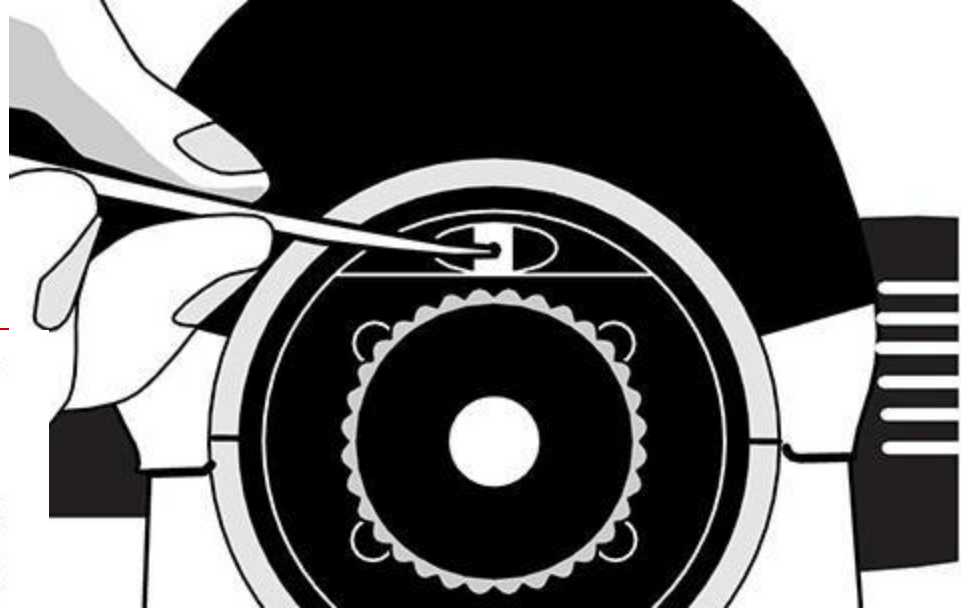
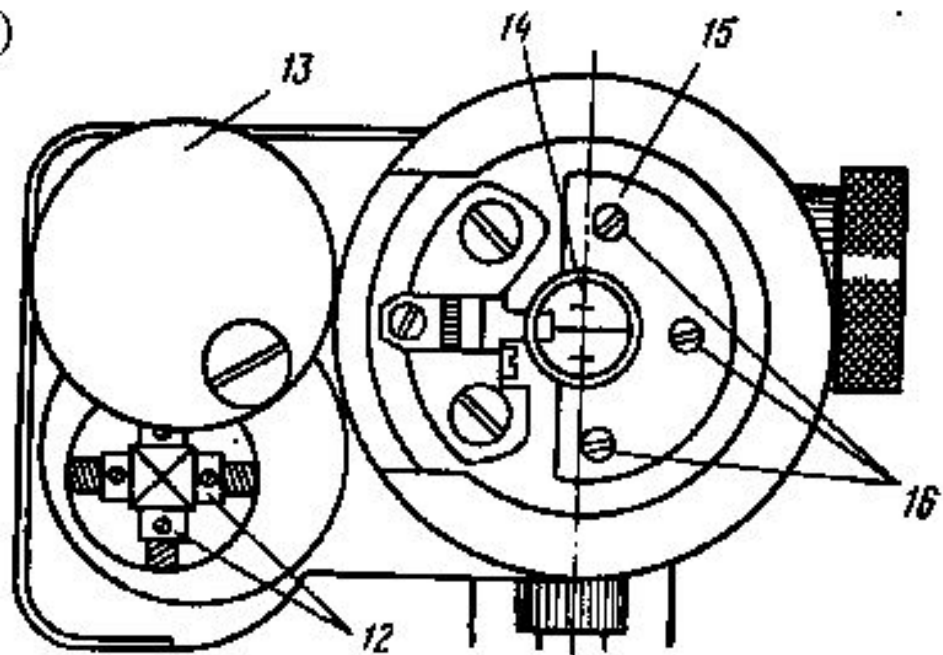


# Проверка главного условия

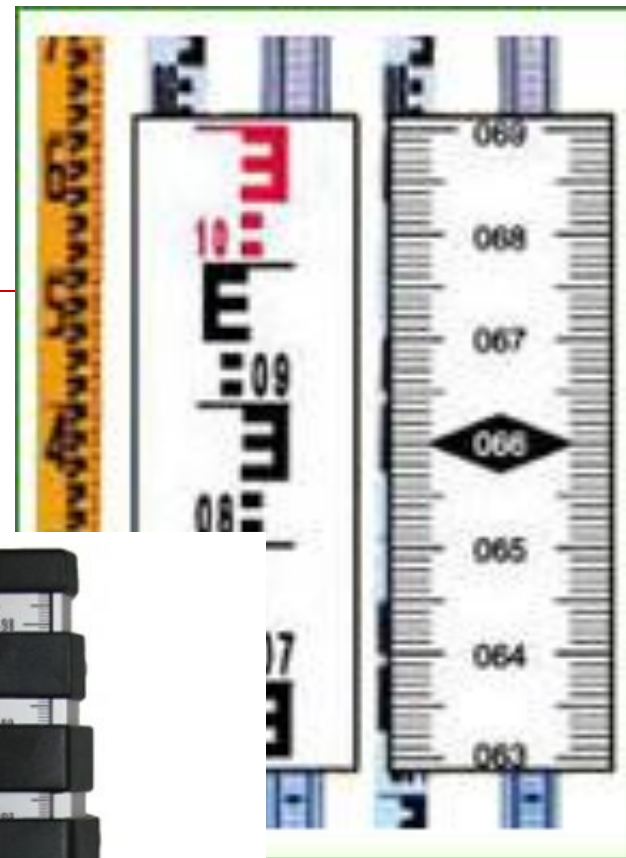
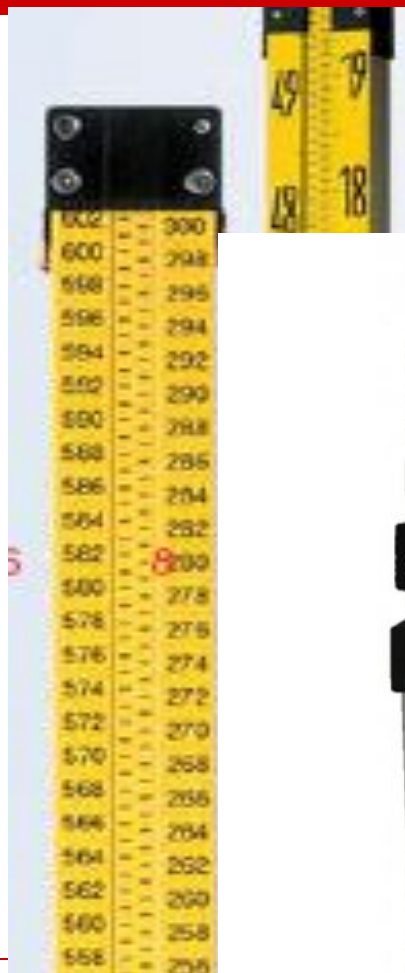




# Юстировка



# Нивелирные рейки



# Нивелирные рейки

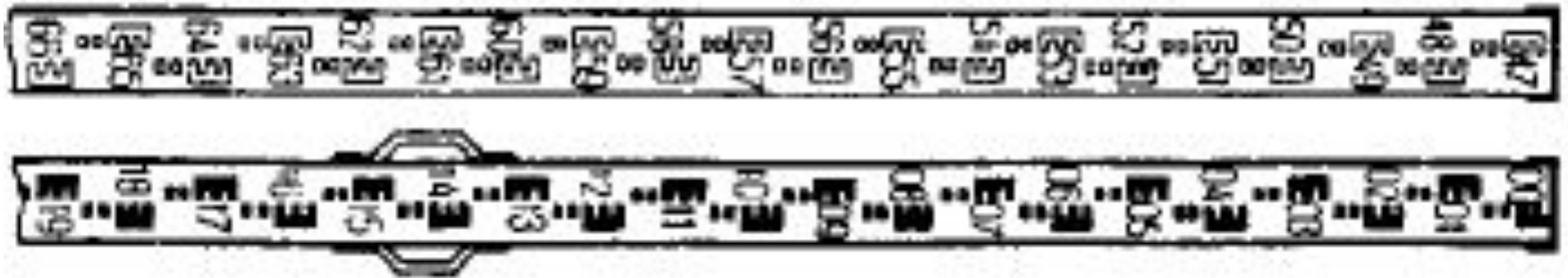
---



# Нивелирные рейки

---

## Двусторонние шашечные рейки РН-3



РН-3000У

# Нивелирные рейки

---



3N713001

Складные односторонние деревянные рейки

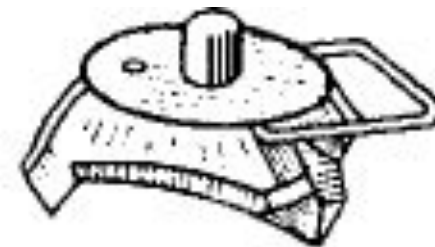
---

Телескопические алюминиевые рейки **VEGA TS3M, TS4M, TS5M**

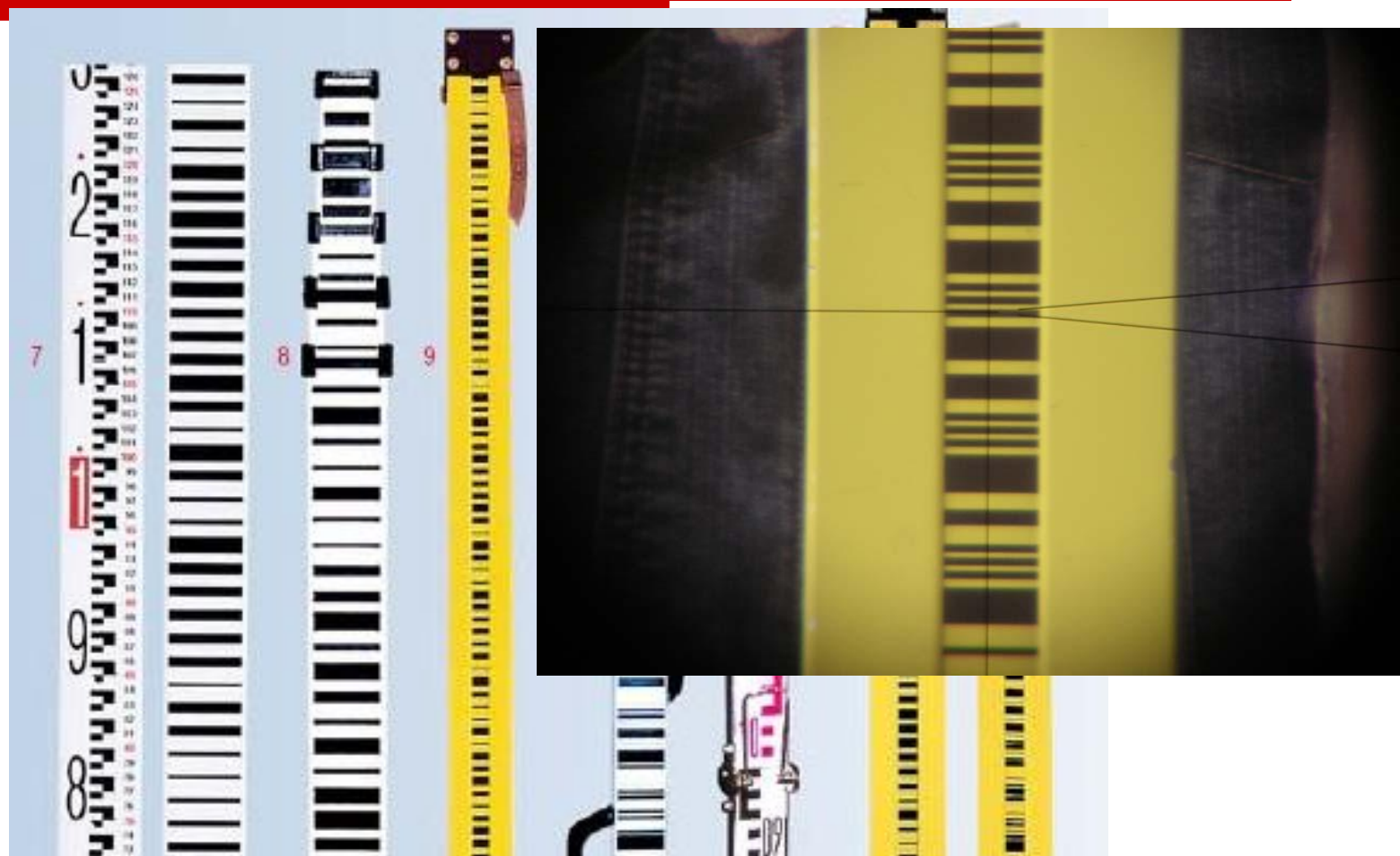
# Нивелирные рейки

---

**Двусторонние складные шашечные рейки  
РН-10**



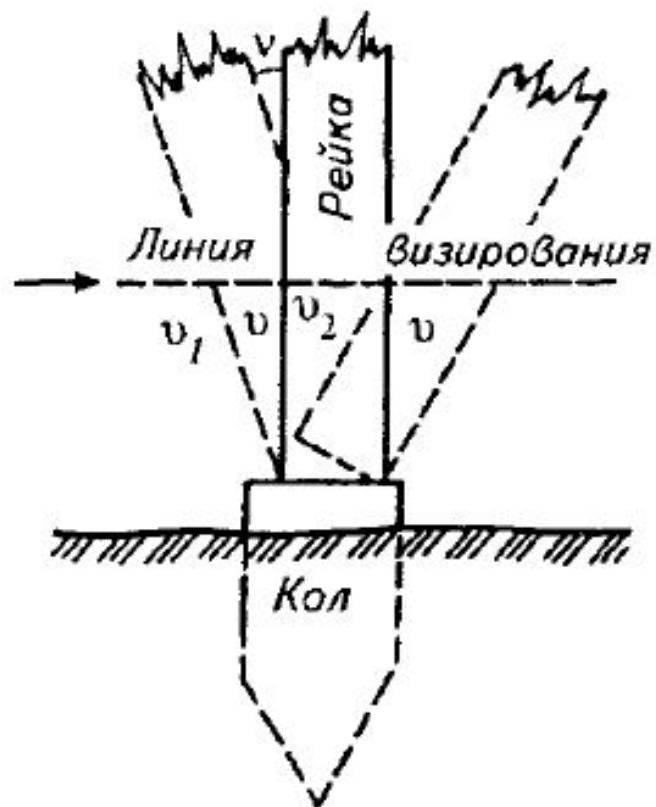
# Рейки для цифровых нивелиров





# Качание рейки

---





# Основные источники погрешностей геометрического нивелирования

---

$$h = a - b$$

$$m_h^2 = m_a^2 + m_b^2; \quad m_h = \sqrt{m_a^2 + m_b^2}$$

$$m_a = m_b = m_{\text{ВЗГ}} \quad m_h = m_{\text{ВЗГ}} \sqrt{2}$$

$$1) \quad m_{\text{ур}} = \frac{m_{\text{уст}} \cdot d}{\rho}$$

$$m_{\text{ур}} = \frac{0,4 \cdot \tau \cdot d}{\rho}; \quad m_{\text{ур}} = \frac{0,4 \cdot 20 \cdot 150000}{206265} \approx 6 \text{ мм}$$

# Основные источники погрешностей геометрического нивелирования

---

$$2) \quad m_{op} = 0,156 \frac{d}{\Gamma} + 0,040 \cdot t$$
$$m_{op} = 0,156 \cdot \frac{150}{30} + 0,040 \cdot 10 \approx 1,2 \text{ мм}$$

$$3) \quad m_{pm} = \frac{60^x}{\Gamma \cdot \rho} \cdot d$$
$$m_{pm} = \frac{60 \cdot 150000}{30 \cdot 206265} \approx 1,5 \text{ мм}$$

$$4) \quad m_{дел} = \frac{\Delta_{дел}}{2};$$
$$m_{дел} = \frac{1,0}{2} \approx 0,5 \text{ мм}$$

# Основные источники погрешностей геометрического нивелирования

---

$$m_{\text{взг}} = \sqrt{m_{\text{ур}}^2 + m_{\text{ор}}^2 + m_{\text{рт}}^2 + m_{\text{дел}}^2}$$

$$m_{\text{взг}} = \sqrt{6,0^2 + 1,2^2 + 1,5^2 + 0,5^2} \approx 6,3 \text{ мм}$$

$$m_h = 6,3\sqrt{2} = 8,9 \text{ мм}$$

$$m_{\text{км}} = 6,3\sqrt{4} = 12,6 \text{ мм}$$

$$\text{пред}m_{\text{км}} = 2 \cdot m_{\text{км}} = 25 \text{ мм}$$

$$\text{пред}m_{\text{км}} = 2,5 \cdot m_{\text{км}} = 31 \text{ мм}$$

$$\text{пред}m_{\text{км}} = 3 \cdot m_{\text{км}} = 38 \text{ мм}$$

$$\text{доп}f_h = 30_{\text{мм}} \cdot \sqrt{L_{\text{км}}}$$

$$\text{доп}f_h = 50_{\text{мм}} \cdot \sqrt{L_{\text{км}}}$$

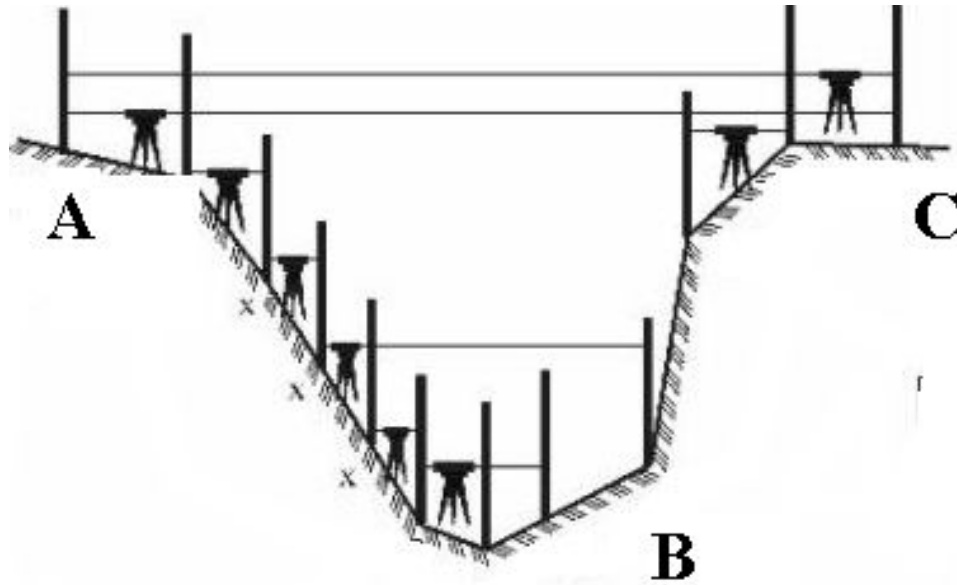
# 6. Техническое нивелирование

---

- Техническое нивелирование производят с целью определения высот пунктов съемочного обоснования топографических съемок М 1:500 – 1:5000, а также при изысканиях и строительстве инженерных сооружений.

# 6. Техническое нивелирование

---



# Журнал технического нивелирования

Номер станции	Номер точки	Отсчеты по рейке, мм		Превышение, мм		Среднее превышение, мм		Исправленное превышение, мм	Высота точки, м
		задней	передней	+	-	+	-		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	A	1215 <u>5901</u> 4686			40			-42	<b>100,000</b>
	B		1255 <u>5943</u> 4688		42		-1 41		99,958
2	B	1746 <u>6434</u> 4688		24				+23	99,958
	C		1722 <u>6410</u> 4688	24		-1 24			99,981

3	С	1698 <u>6384</u> 4686		20		-1 20		+19	99,981
	А		1678 <u>6364</u> 4686	20					100,000
Постраничный контроль		23378	23372	88	82	44	41	0	
		6		6		3			

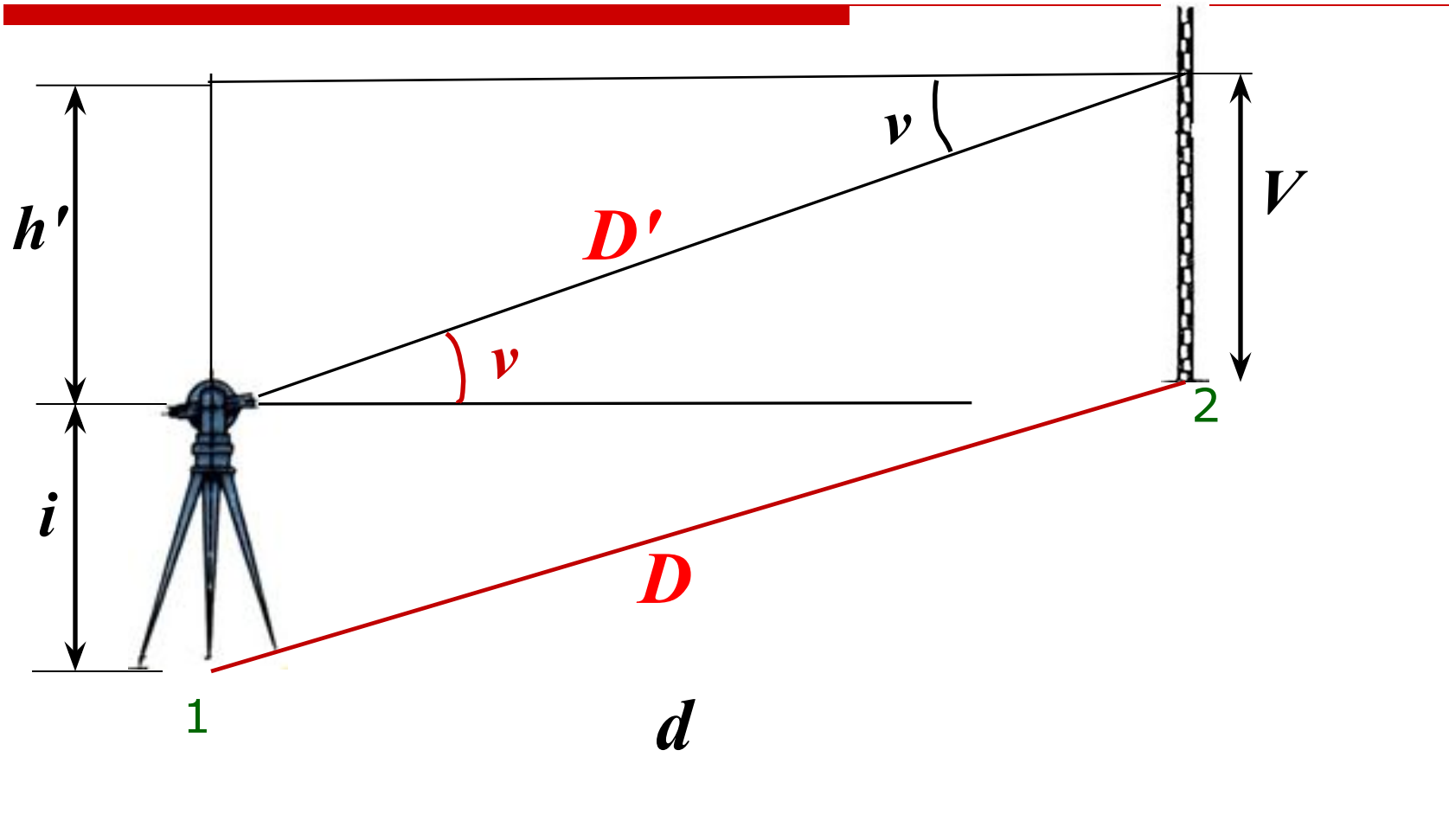
$$\sum h_{cp} = \frac{23378 - 23372}{2} = \frac{6}{2} = +3 \text{ и}$$

$$f_h = \sum h_{cp}; f_h = -41 + 24 + 20 = 3 \text{ мм}$$

$$\text{доп} f_h = 50 \text{ мм} \sqrt{L}$$

$$\text{доп} f_h = 50 \text{ мм} \sqrt{0,024} = 7,7 \text{ мм}$$

# 7. Тригонометрическое нивелирование





# Тригонометрическое нивелирование

---