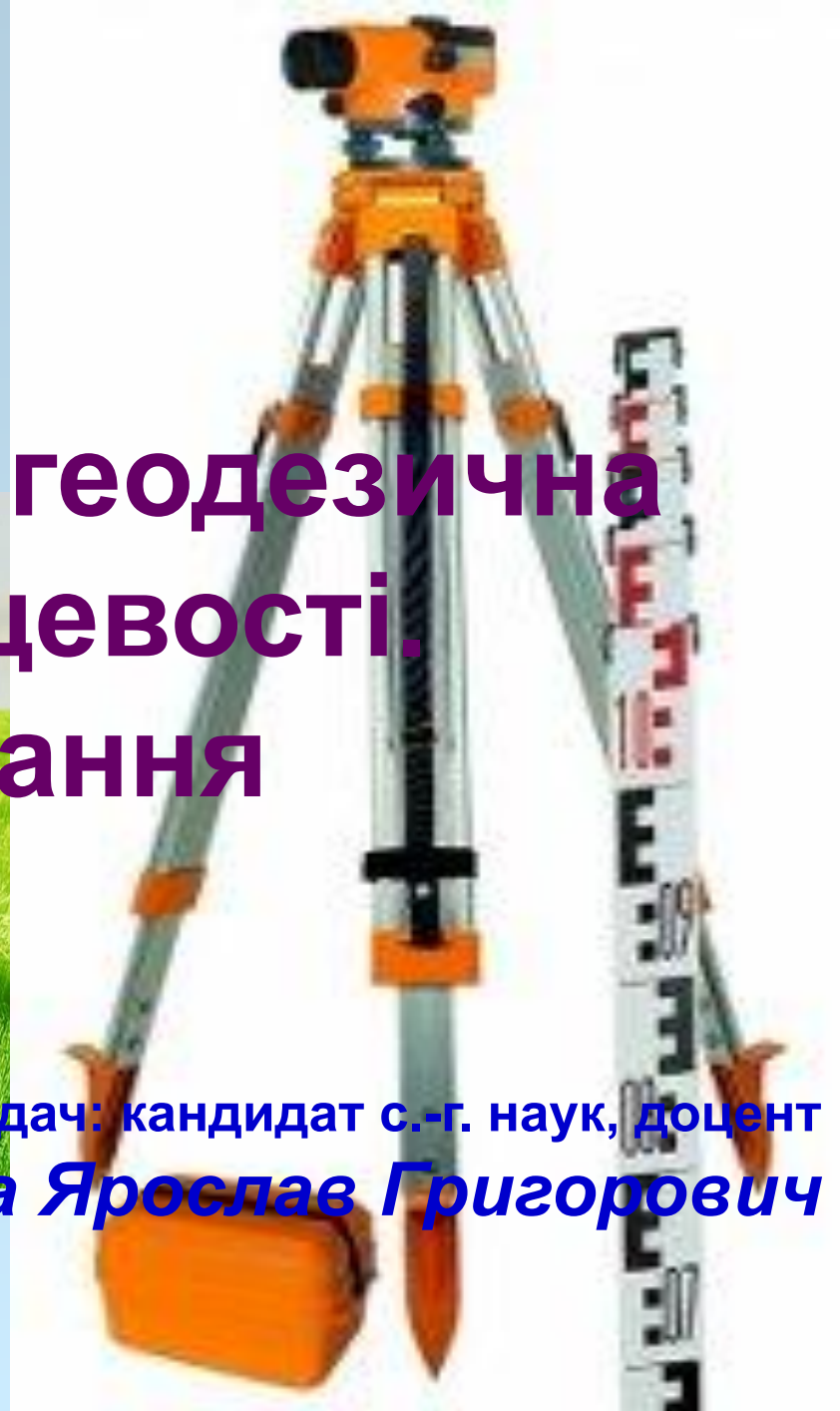


Горизонтальна геодезична зйомка місцевості. Нівелювання



Доповідач: кандидат с.-г. наук, доцент
Цицюра Ярослав Григорович



План лекційного заняття:

- 1. Методи нівелювання.***
- 2. Будова нівеліра і рейок.***
- 3. Способи вимірювання перевищень методом геометричного нівелювання.***
- 4. Послідовне нівелювання.***
- 5. Порядок роботи на станції геометричного нівелювання.***
- 6. Висотні ходи зйомочної основи.***

Рекомендована література:

- Геодезія / Загальна ред. С. Г. Могильного і С.П. Войтенка. – Донецьк, 2003. – 458 с.
- Геодезия. Учебно-практическое пособие / Куштин И.Ф. – М.: Издательство ПРИОР, 2001. – 448 с.
- Геодезія / Грабовий В.М. – Київ: ДНВП «Аерогеодезія», 2004. – 293 с.
- Дубов С.Д., Поляков А.Н. Практикум по геодезии. – М.: Агропромиздат, 1990. – 223 с.
- Кравченко В.П., Герасименко П.І., Порицький Г.О. Меліорація з основами геодезії. – К. 1988. – 203 с.

Питання на самостійне вивчення

- 1. Типи та види визначення перевищень місцевості*
- 2. Сучасні методики дистанційного визначення перевищень місцевості*
- 3. Високоточні системи сучасних електронних нівелірів*
- 4. Нівелірні рейки. Сучасні конструкції, лазерні системи нівелірних рейок*
- 5. Автоматизовані програми для проведення нівелювання місцевості та обробки його результатів*

1. Методи нівелювання.

Види нівелювань

Нівелювання - це сукупність вимірювальних робіт з визначення перевищень між точками місцевості, конструкцій споруд і т. і.

- ***геометричне*** – виконується за допомогою нівеліра і базується на принципі горизонтального променя візування;
- ***тригонометричне*** – виконується за допомогою теодоліта і базується на принципі похилого променя візування;
- ***гідростатичне*** – базується на властивості поверхні рідини знаходитися на одному рівні в сполучених посудинах;
- ***барометричне*** – базується на залежності зміни атмосферного тиску від зміни висоти точки;
- ***стереофотограмметричне*** – базується на вимірюванні перевищень за аерофотознімками земної поверхні.

Геометричне нівелювання

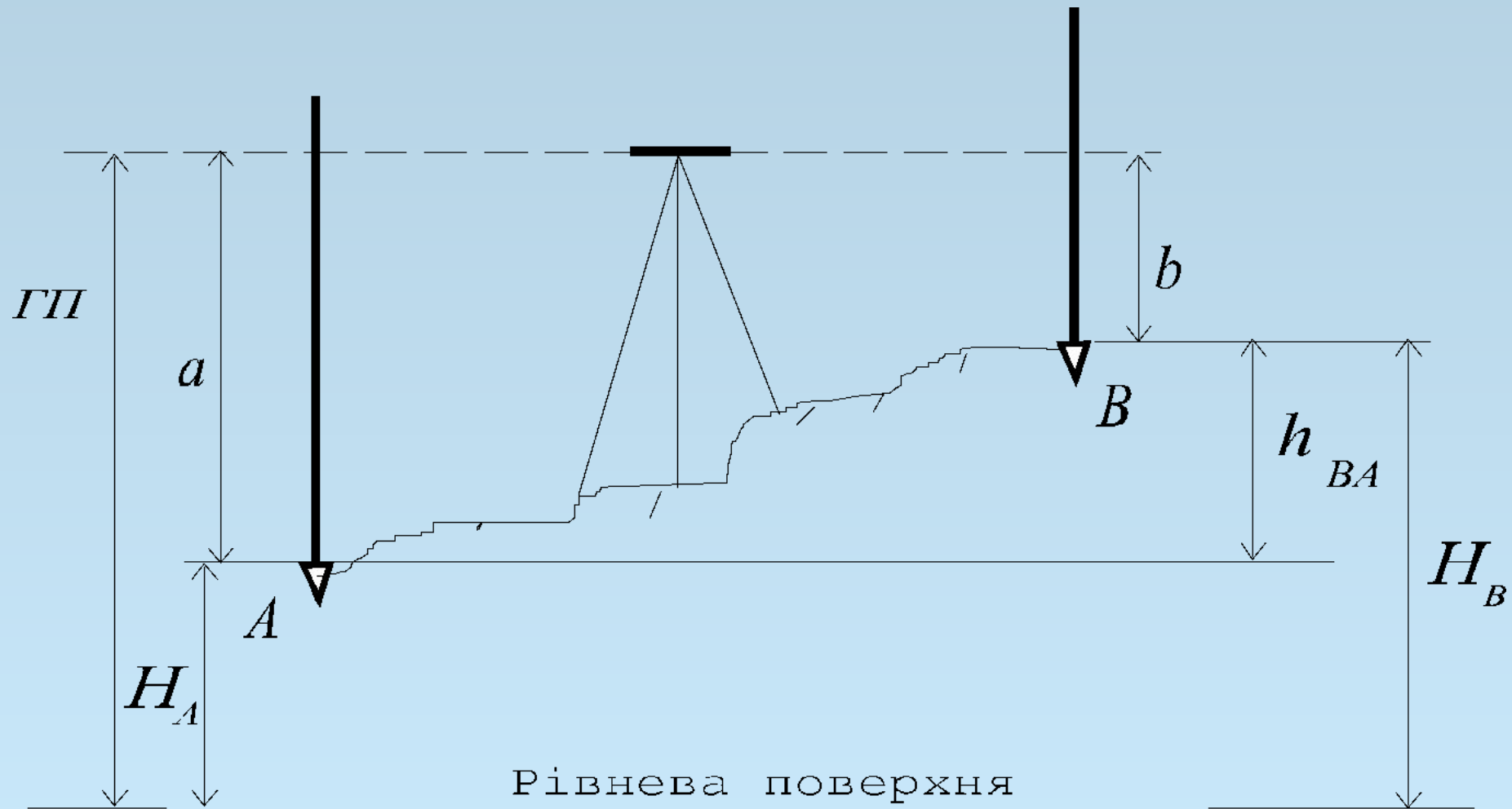


Схема геометричного нівелювання з середини

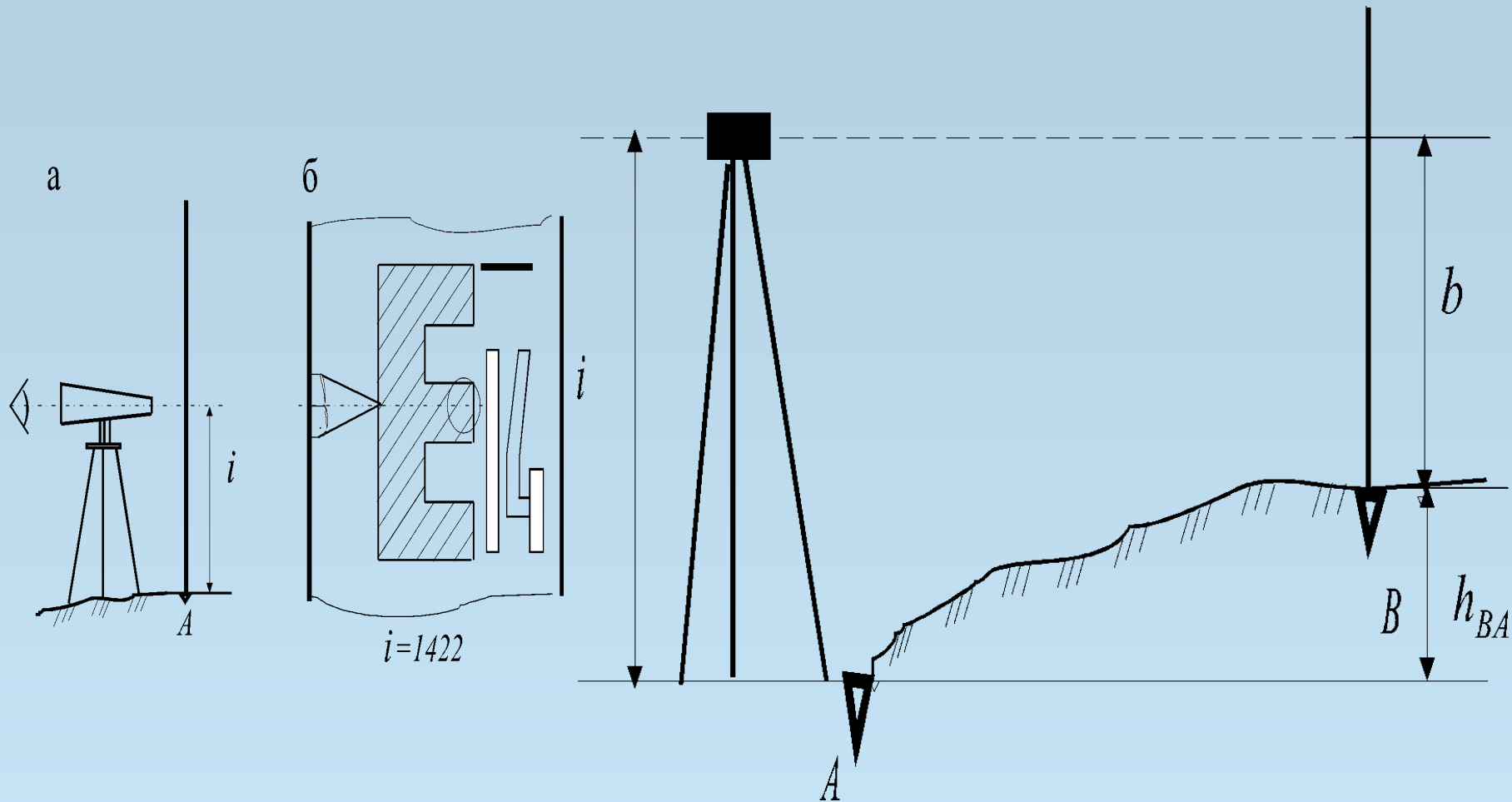
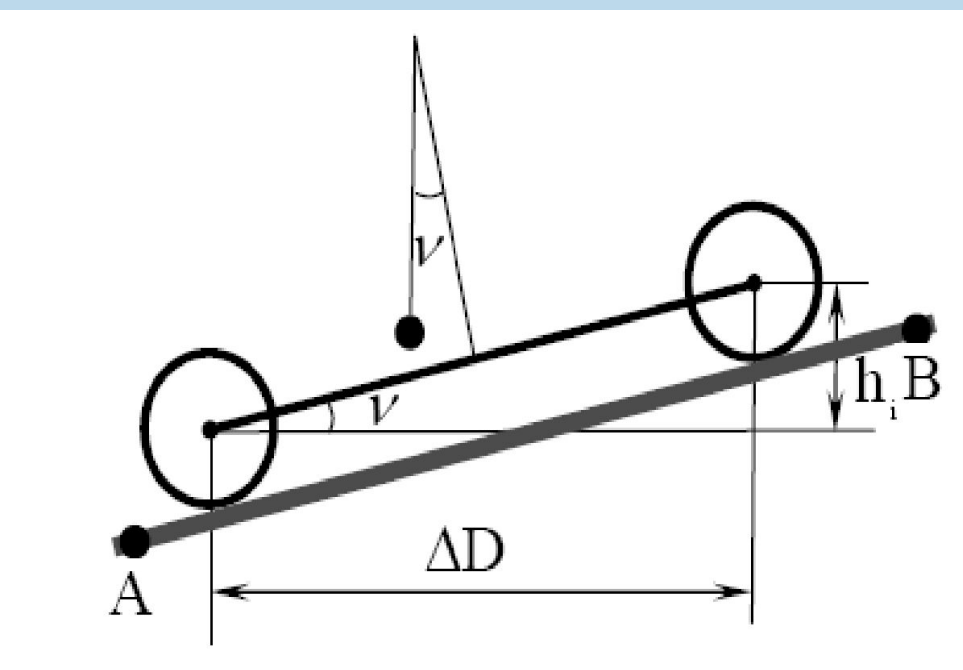
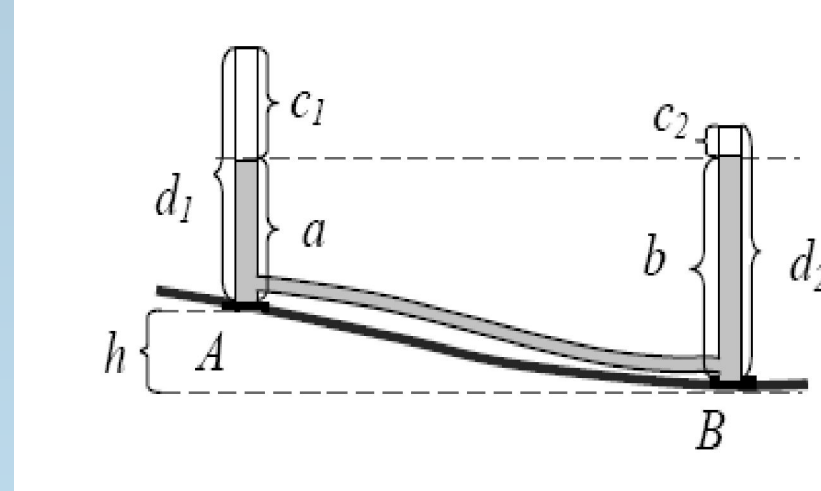
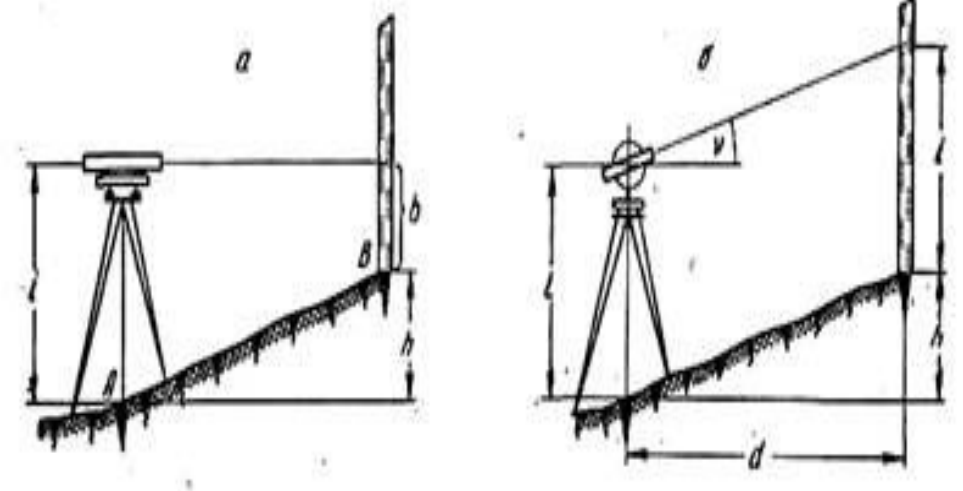


Схема нівелювання вперед



***а – геометричний,
б – тригонометричний;
в – гідростатичне;
г – механічне***

У основу **барометричного нівелювання** покладена залежність атмосферного тиску від висоти над рівнем моря.

Ця залежність у строгому вигляді досить складна і враховує багато факторів фізичного стану атмосфери: атмосферний тиск, температуру і вологість повітря, широту місця спостереження. Вона носить назву повної формули барометричного нівелювання. На практиці застосовують простіший і зручніший для використання вираз:

$$h = 18423 (1 + \alpha \bar{t}) (1 + 0.378 \frac{\bar{e}}{p}) \lg \frac{p_1}{p_2},$$

де $1/273$ – температурний коефіцієнт об'ємного розширення повітря; t – середня температура повітря; e – середній парціальний тиск водяного пару, який знаходиться у повітрі;

p – середній атмосферний тиск; p_1, p_2 – величини атмосферного тиску на точках які спостерігаються.

Якщо знехтувати впливом вологості повітря, то барометрична формула буде мати простіший вигляд:

$$h = 16000 \frac{p_1 - p_2}{p_1 + p_2} (1 + \alpha \bar{t}).$$

Ця формула носить назву **формули Бабіне**, за ім'ям французького вченого, який її вивів.

2. Будова нівеліра і рейок.

Нівелір – оптико-механічний прилад, призначений для вимірювання перевищень між точками геометричним методом

- За будовою розрізняють:
 - нівеліри з циліндричним рівнем на зоровій трубі;
 - нівеліри з компенсатором;
 - електронні нівеліри.
- **За точністю нівеліри поділяють на:**
 - високоточні (Н-05, Н-1, Н-2);
 - точні (Н-3);
 - технічні (Н-10).

Буква **Н** означає нівелір, цифри – середню квадратичну похибку вимірювання перевищення на 1 км відстані, буква **Л** – нівелір з лімбом, **К** – з компенсатором, **КЛ** – з компенсатором і лімбом.

Основні технічні характеристики нівелірів

Показники	Нівеліри		
	Н-05, Н-5К	Н-3, НЗК	Н-10, Н-10К
1. Збільшення зорової труби	40*	30*	20*
2. Ціна поділки круглого рівня	5'	10'	10'
3. Ціна поділки циліндричного рівня	10"	15"	45"
4. Середня квадратична похибка отримання перевищення на 1 км. ходу	0,5 мм	3 мм	10 мм
5. Діапазон роботи компенсатора	±8'	±15'	±20'
6. Маса, кг	6	3	3



Нівелір Н-05



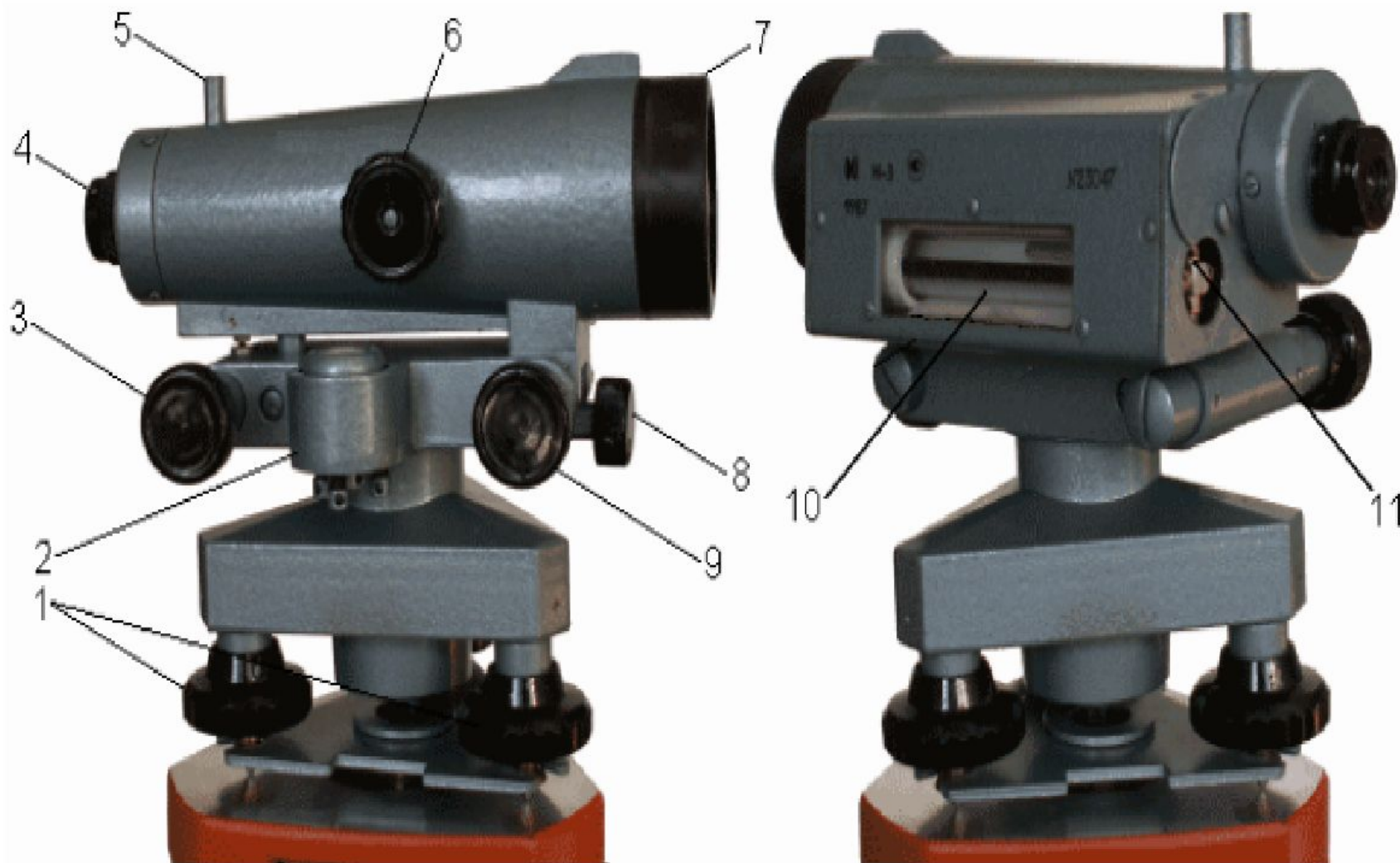
Нівелір Н-3



Нівелір Н-3К



Нівелір 2Н-3Л



Точний нівелір Н- 3 з циліндричним рівнем при зоровій трубі: 1 - підйомні гвинти; 2 - круглий рівень; 3 - елевационний гвинт; 4 - окуляр зорової труби з діоптрійним кільцем; 5 - візир; 6 - кремальєра; 7 - об'єктив зорової труби; 8 - закріпний гвинт; 9 -наводящий гвинт; 10 - контактний циліндричний рівень; 11 - юстировочные гвинти циліндричного рівня.



Точний нівелір ЗН-ЗКЛ з компенсатором і лімбом :

1 - лімб; 2 - навідний гвинт; 3 - кремальєра; 4 - візир



Технічний нівелір 2Н – 10 КЛ



Нівелір 4НЗКЛ



Цифровий електронний нівелір LS 150 M



SDL1X A



SDL1X S



SDL30



Електронний нівелір BOSCH

Клавиша AF

Для фокусировки марки нужно всего лишь нажать на функциональную клавишу и дождаться звукового сигнала, подтверждающего фокусировку

Оптическая труба высокого разр

Яркое изображение и высокое разр позволяют видеть марку очень четк

Переключатель AF/MF

позволяет быстро выбирать нужны
В положении MF выполняется раб
в ручном режиме

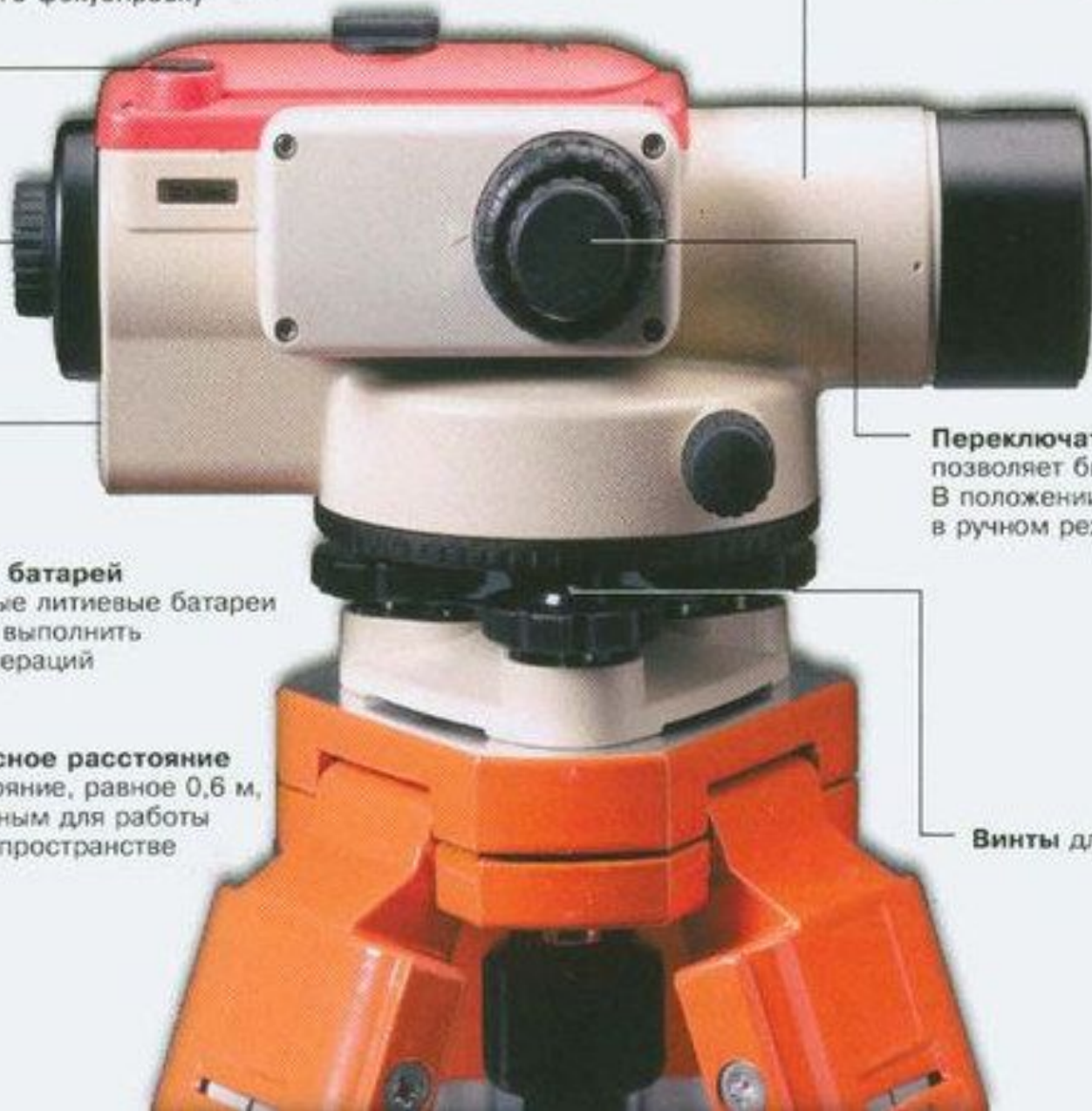
Отсек для батарей

Долговечные литиевые батареи
позволяют выполнить
до 6000 операций

Короткое фокусное расстояние

Фокусное расстояние, равное 0,6 м,
является идеальным для работы
в ограниченном пространстве

Винты для тангенциального дви



Для **точного нівелювання**, а також при виконанні всіх видів геодезичних і розміточних робіт у будівництві застосовують **рейку РН-3**.

Нівелірні рейки виготовляють із витриманих, спеціально оброблених ялинових або соснових брусків, пластмас, металу або інших матеріалів, які відповідають вимогам до рейок. Поділки на рейках нанесені у вигляді сантиметрових шашечок, які оцифровані через сантиметр. Рейки, як правило, трьохметрові, двосторонні: основна шкала – чорна, додаткова – червона.

Рейка РН-3 – дерев'яна, довжиною 3 метри. Для контролю відліків поділки на рейці нанесені з обох боків. Поділки шашечці з інтервалом 1 см. З одного боку чергуються чорні та білі поділки (основна шкала), з іншого – червоні та білі (допоміжна шкала). На основній шкалі відлік поділок починається з нуля, на допоміжній – з певного числа.

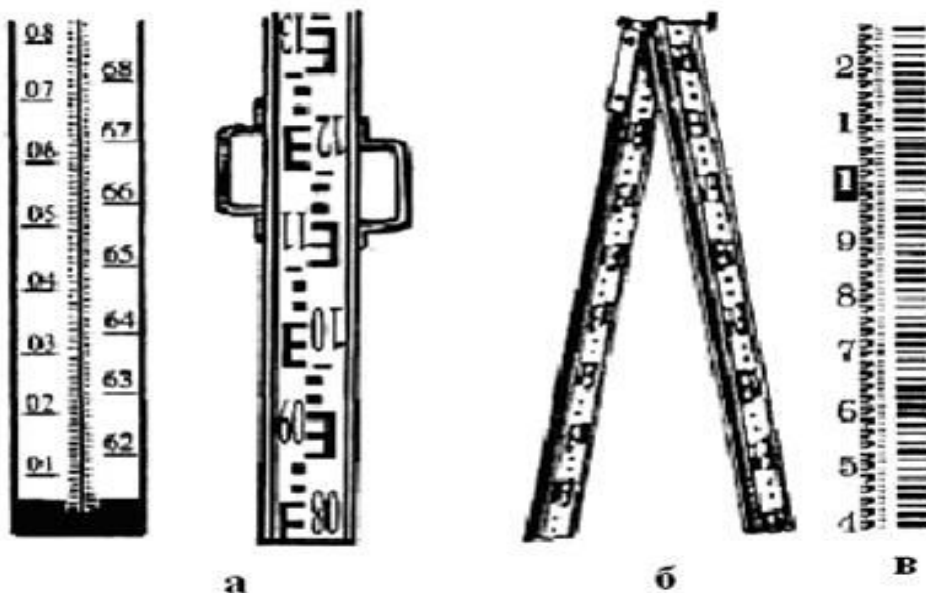
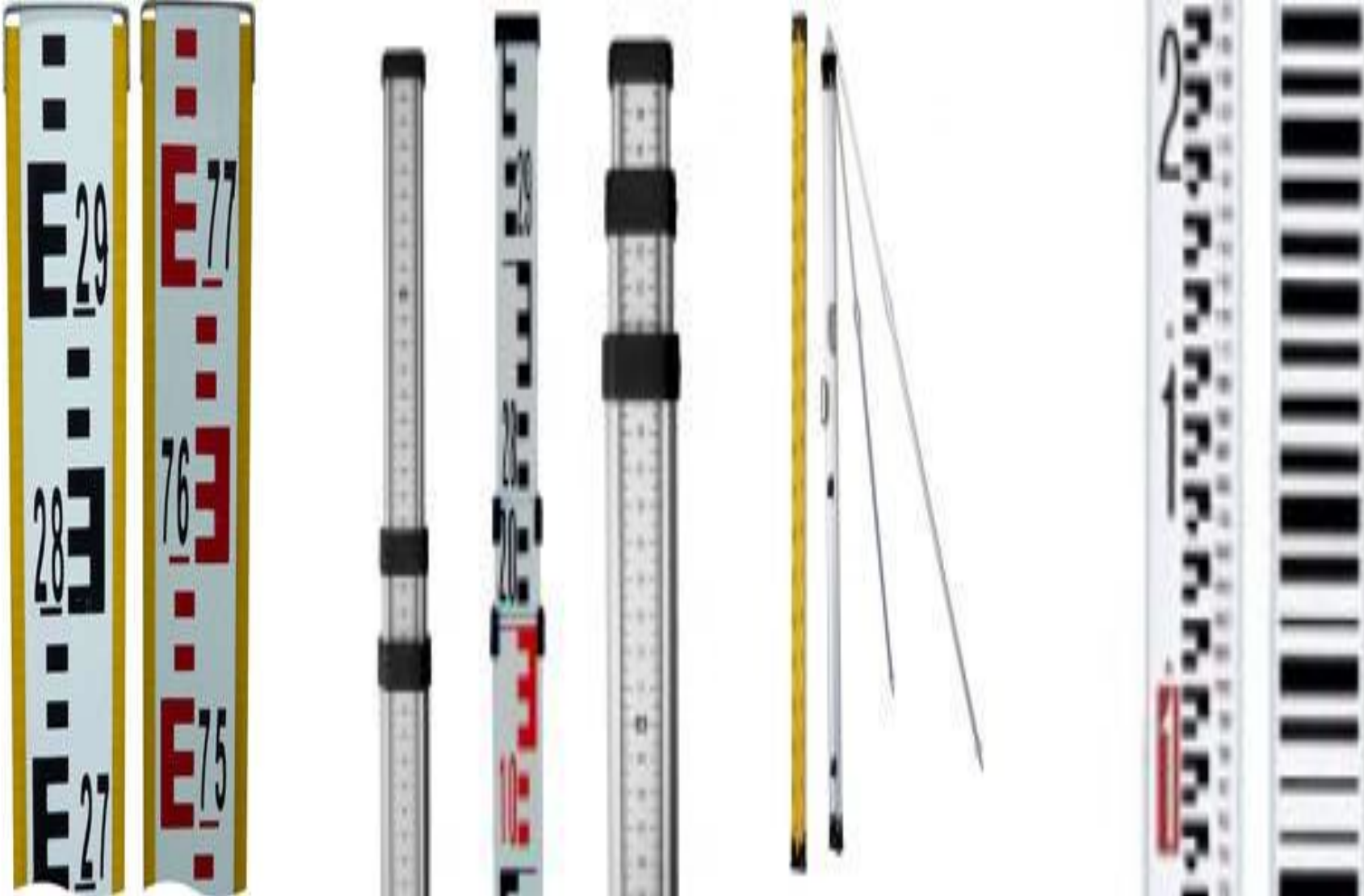


Рис. 11.8. Нівелірні рейки *а* – фрагменти суцільних рейок РН-0,5, РН-3; *б* – складана; *в* – кодова



а

б

в

г

а, б – нівелірні рейки для оптичних нівелірів; в – нівелірні рейки для оптичних нівелірів; г – Нівелірні рейки для цифрових / електронних нівелірів



PH-3000



ND 432154



LD21
LD23
LD24
BGS40
BGS50



TS3-3E
TS4-4E
TS5-5E



Инварная
рейка



GN963351



326212



GN713001



1



2



Сучасні формати штативів



Сучасні формати рулеток для проведення нівелювання

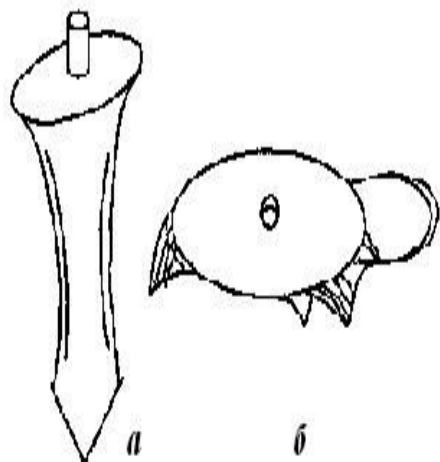
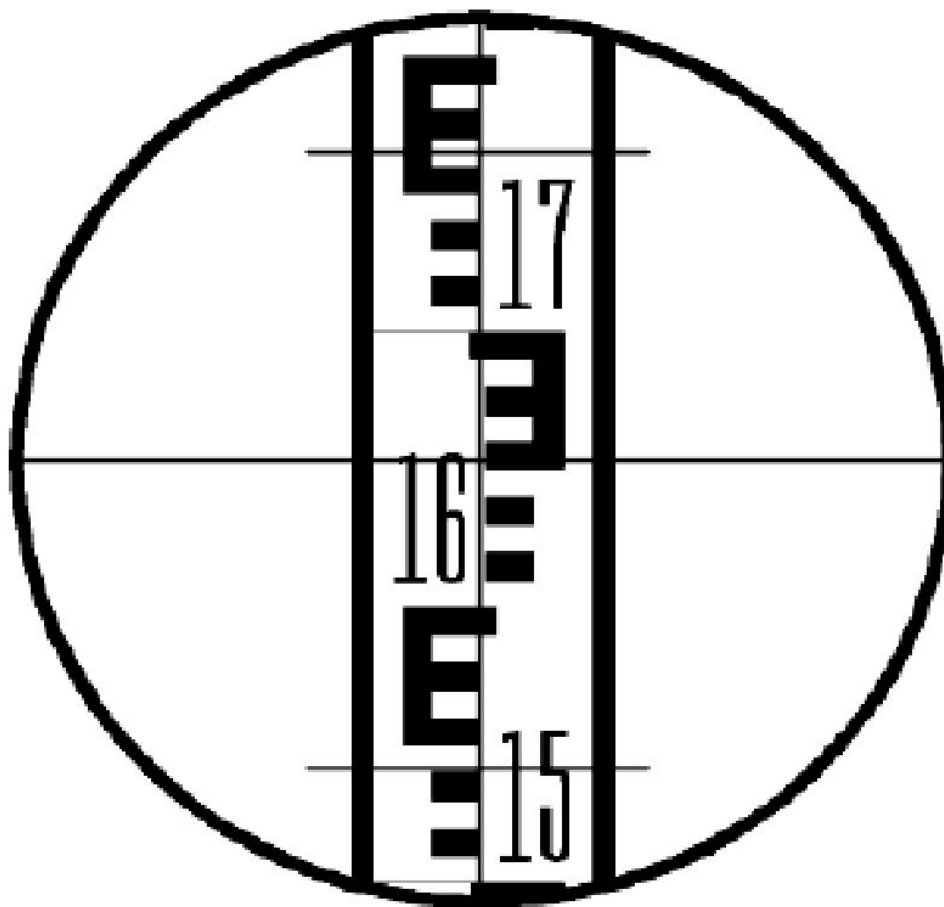
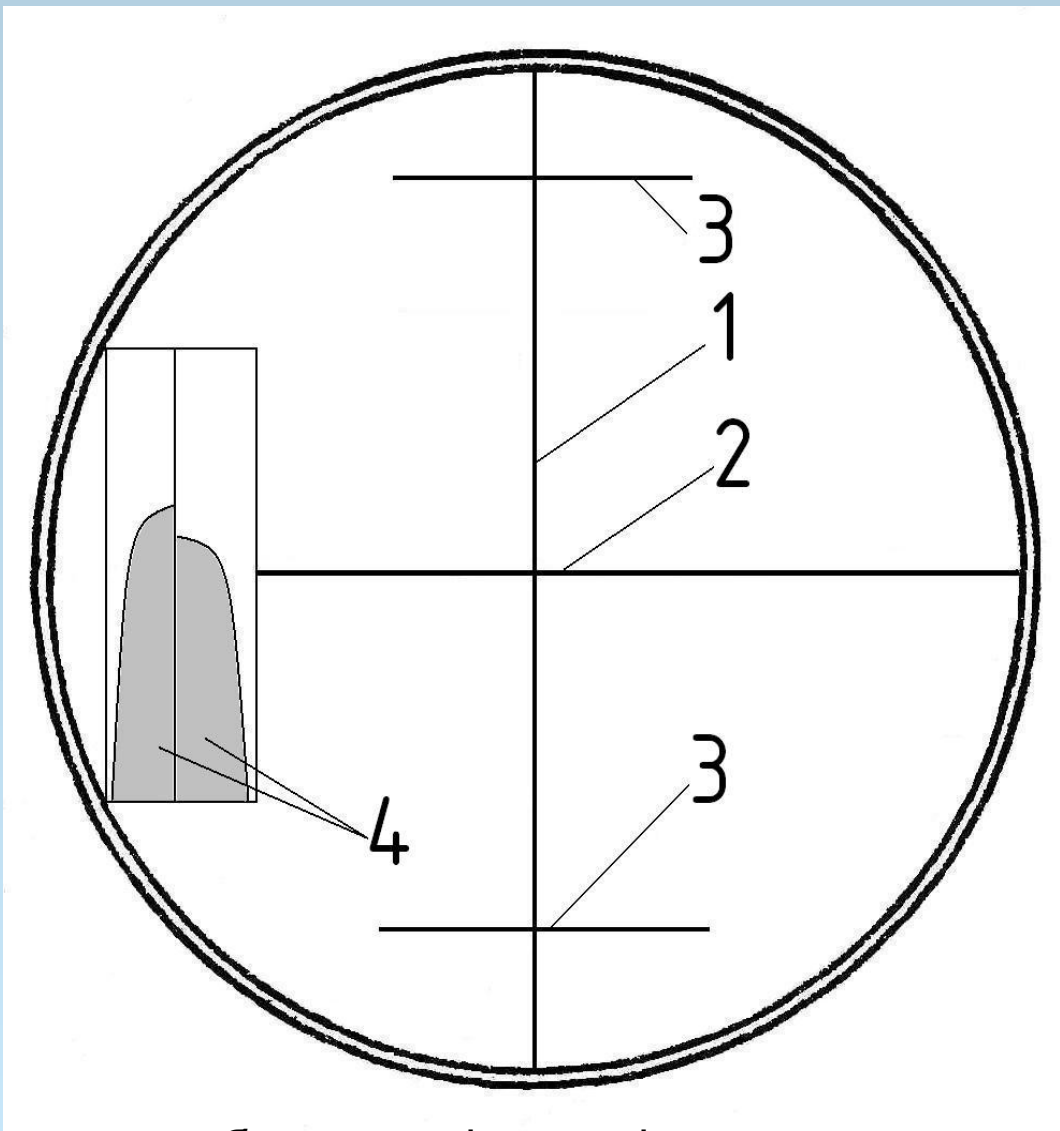


Рис. 11.10. Нівелірні костиль (а) і башмак (б)

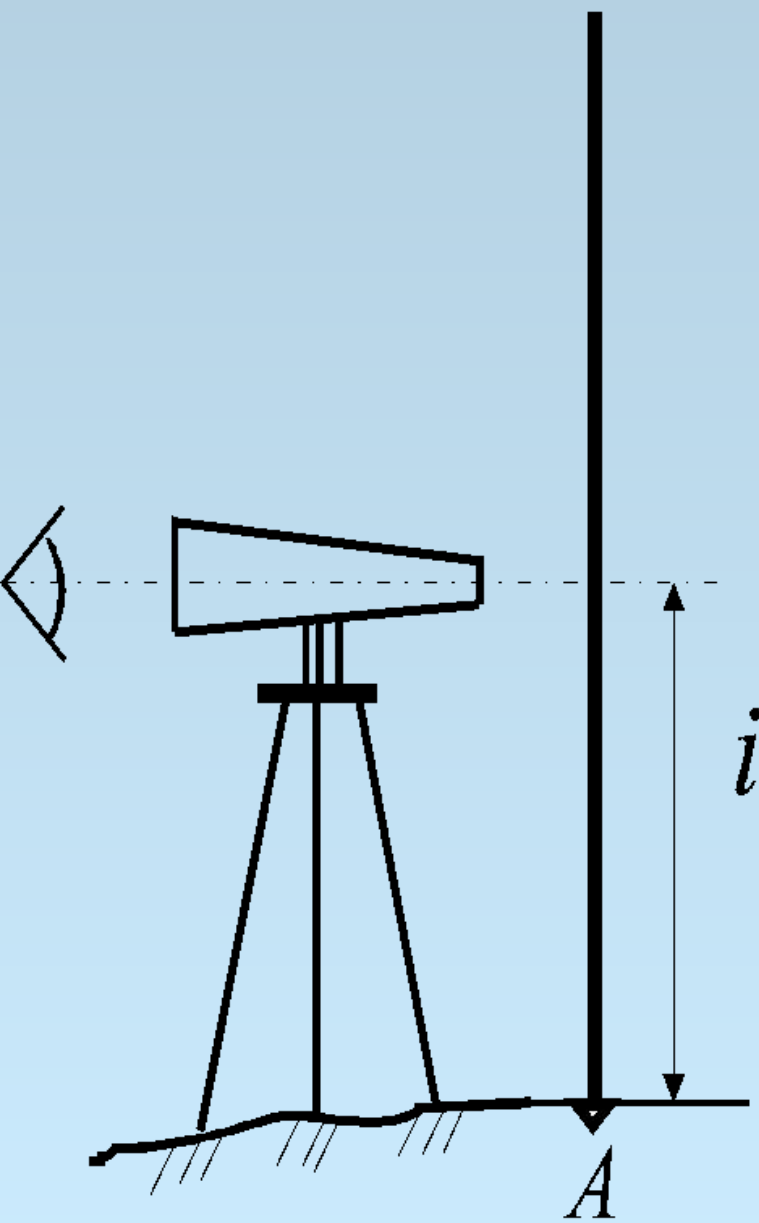


Поле зору нівеліра Н-10КЛ. Відлік по рейці дорівнює 1654 мм

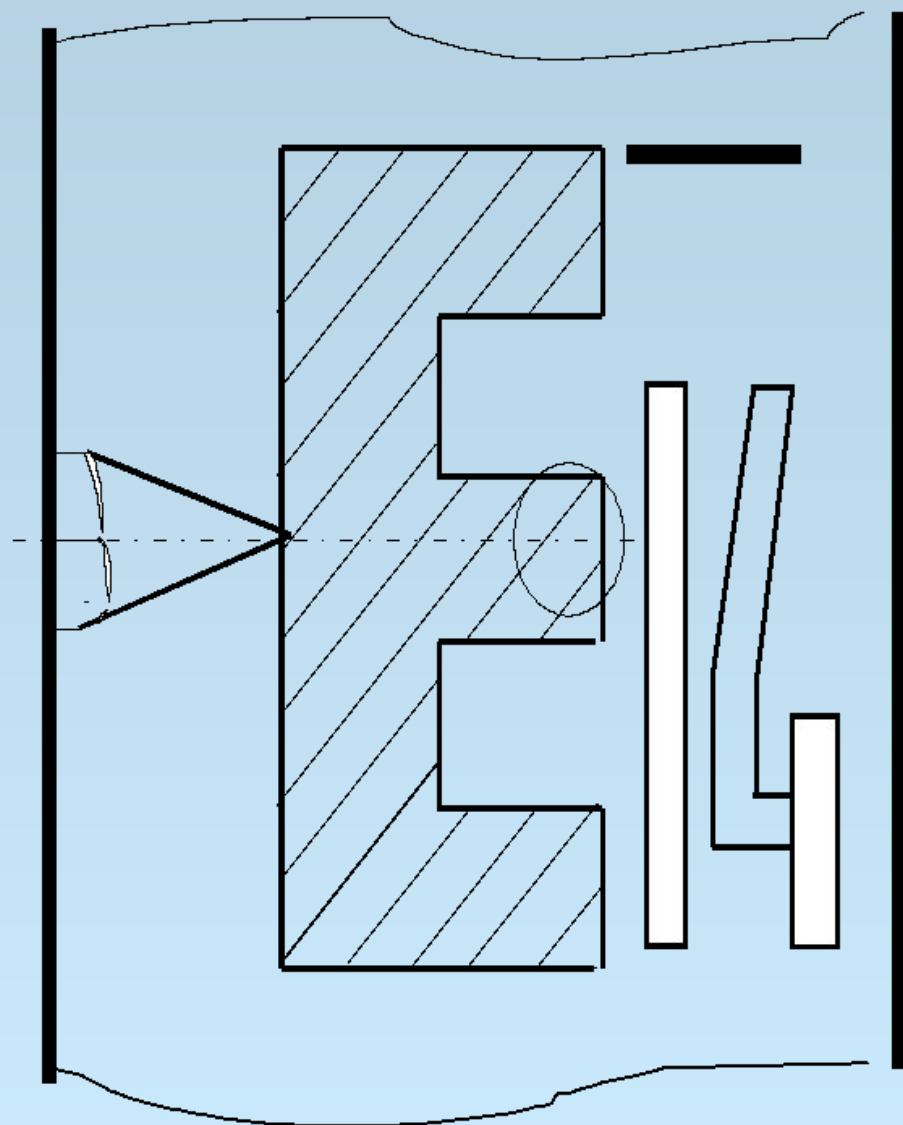


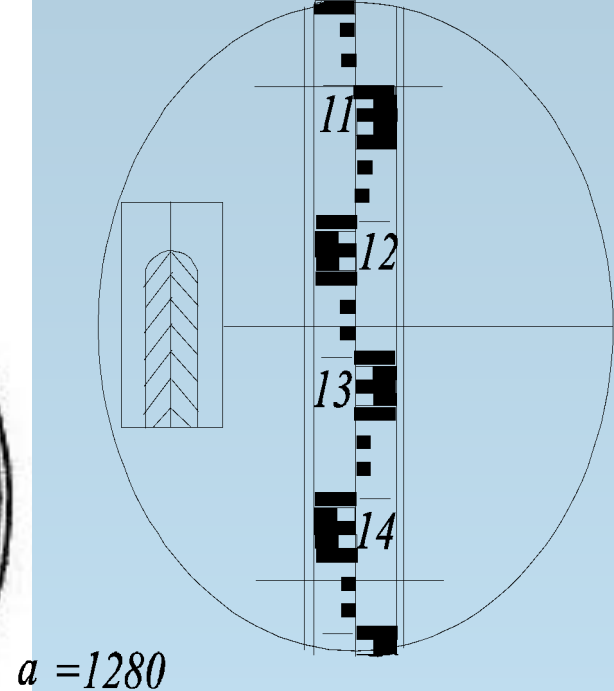
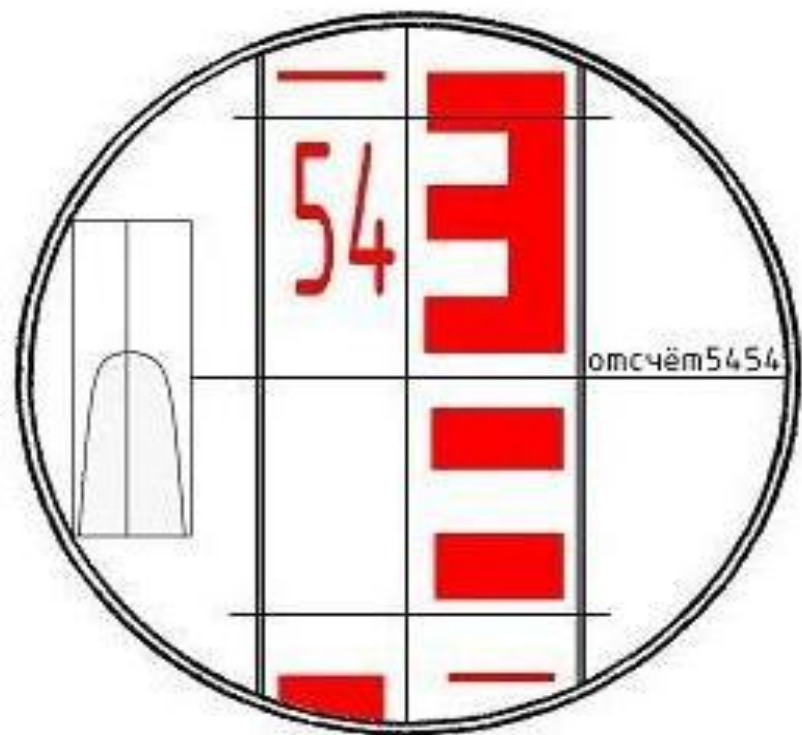
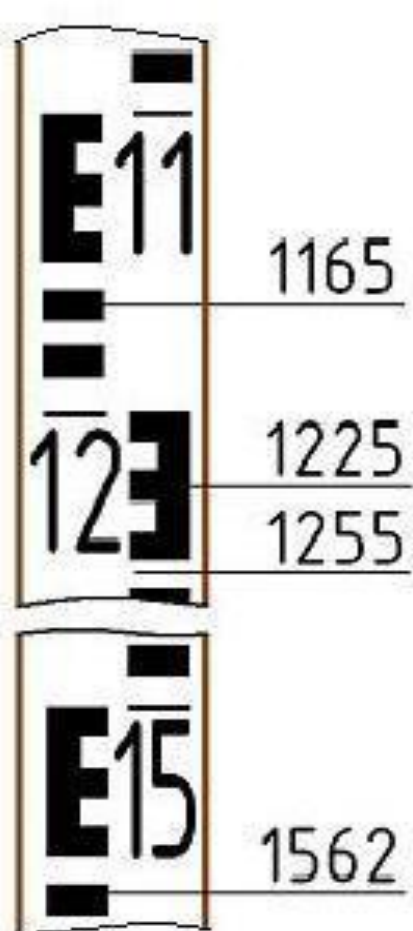
У полі зору зорової труби спостерігають сітку ниток, представлену вертикальній 1, горизонтальній 2 нитками і двома далекомірними штрихами 3 оптичні нитяні далекоміри, а також пелюстки контактного циліндричного рівня 4, які фіксуються в положенні середини за рахунок обертання елевационного гвинта.

a

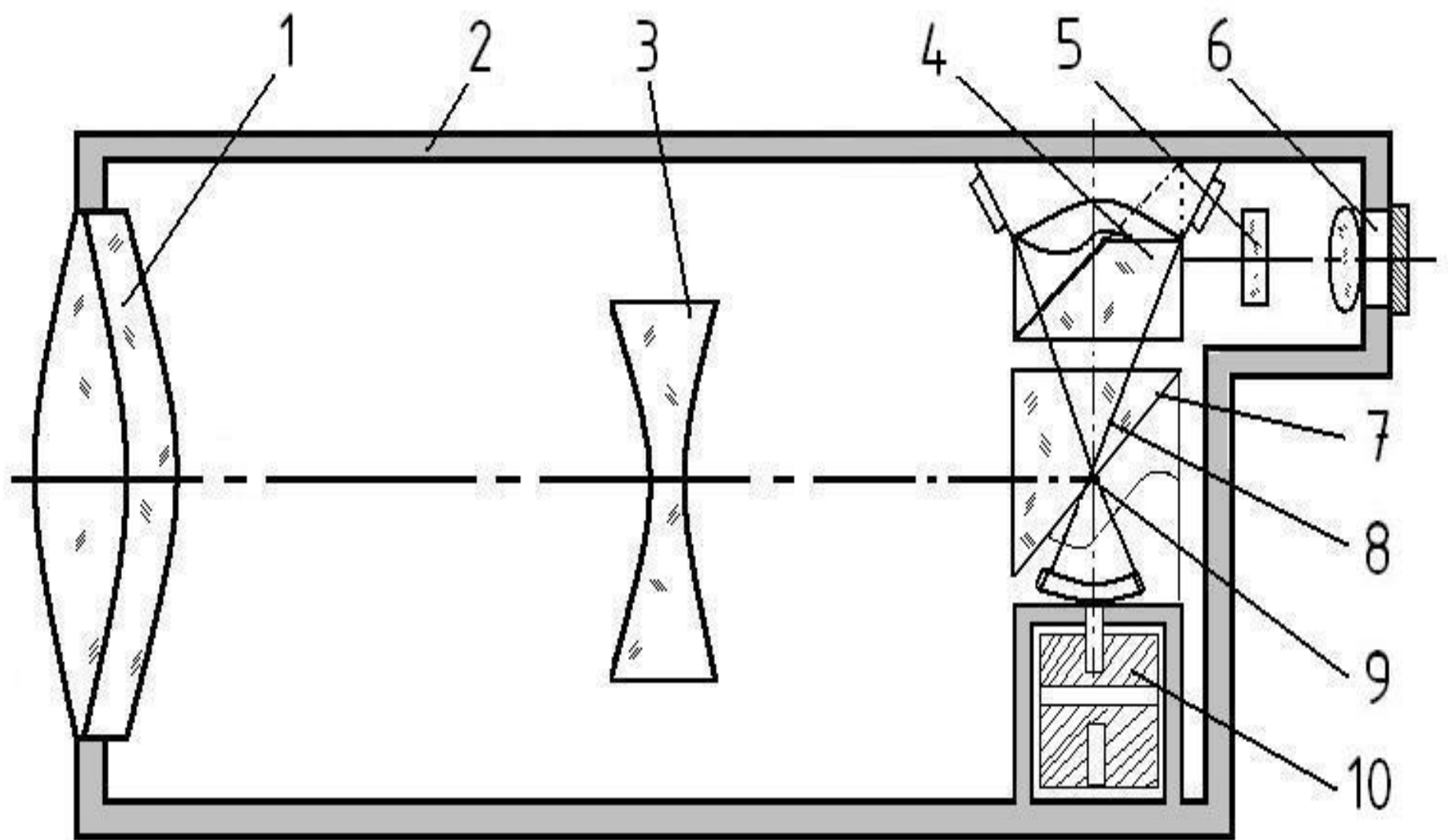


6

 $i=1422$



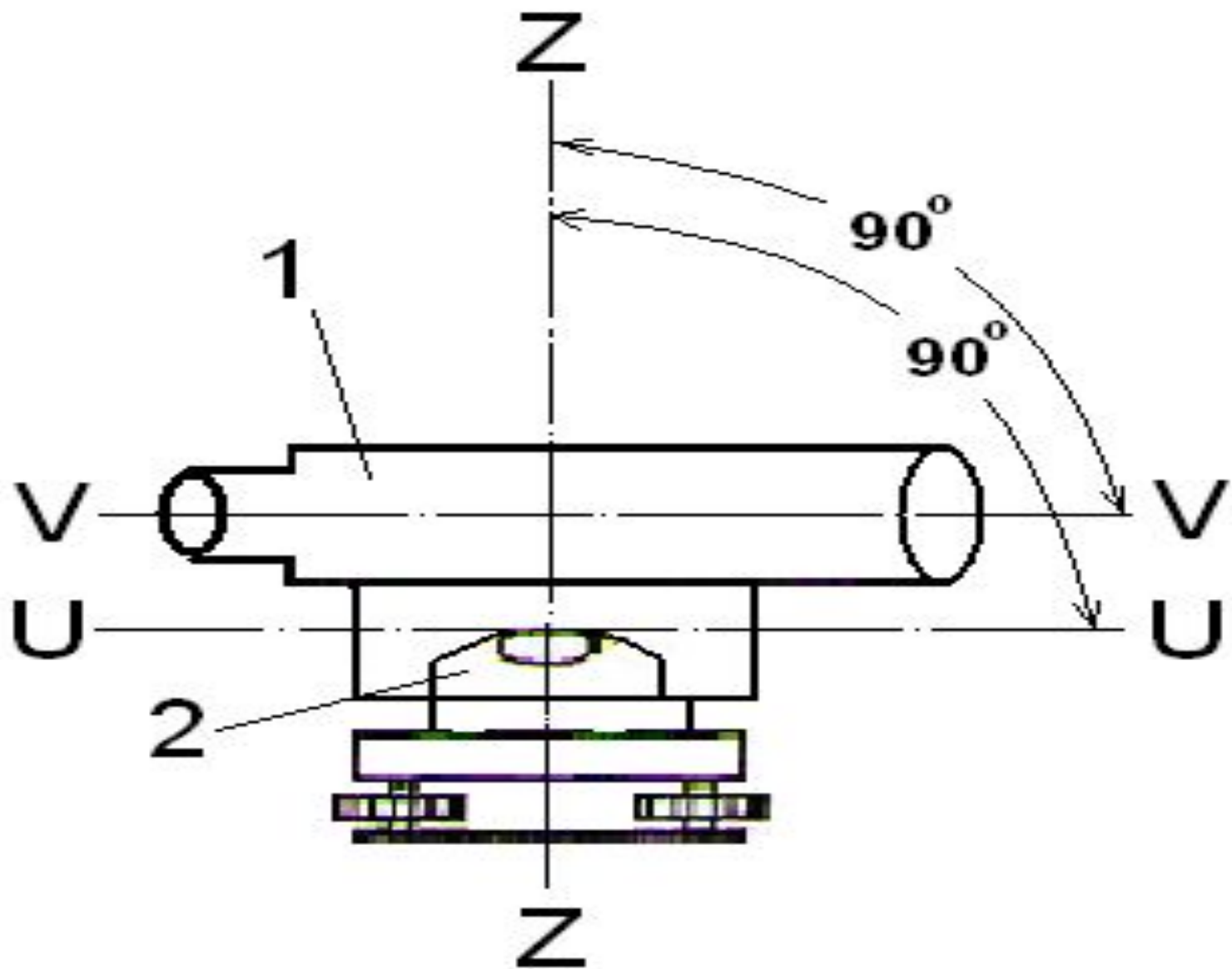
Узяття відліків по рейці.



Геометричні параметри оптичної зорової труби підбрані таким чином, що при нахилі на деякий кут станеться його компенсація, тобто візирний промінь знову займе горизонтальне положення.

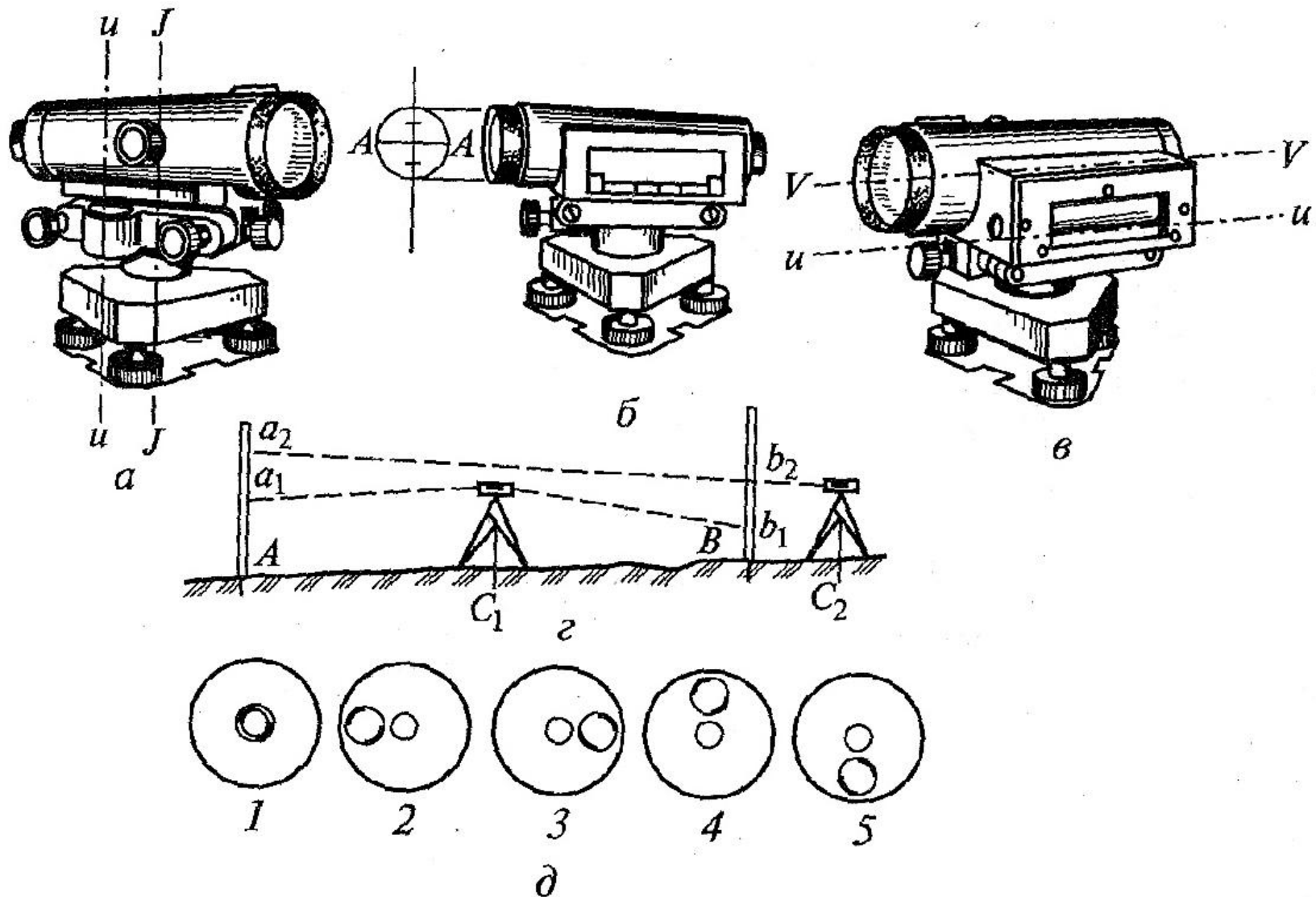
Основні повірки нівелірів

№ п/п	Операції повірки
1.	Повірка зовнішнього стану та комплектності нівеліра.
2.	Повірка дієздатності нівеліра.
3.	Повірка і юстирування настановних рівнів.
4.	Повірка правильності установки сітки ниток зорової труби.
5.	Повірка правильності установки циліндричного рівня при трубі.
6.	Визначення погрішності вимірювання перевищення на станції.



Вісь зорової труби V - V має бути паралельна осі циліндричного рівня U - U

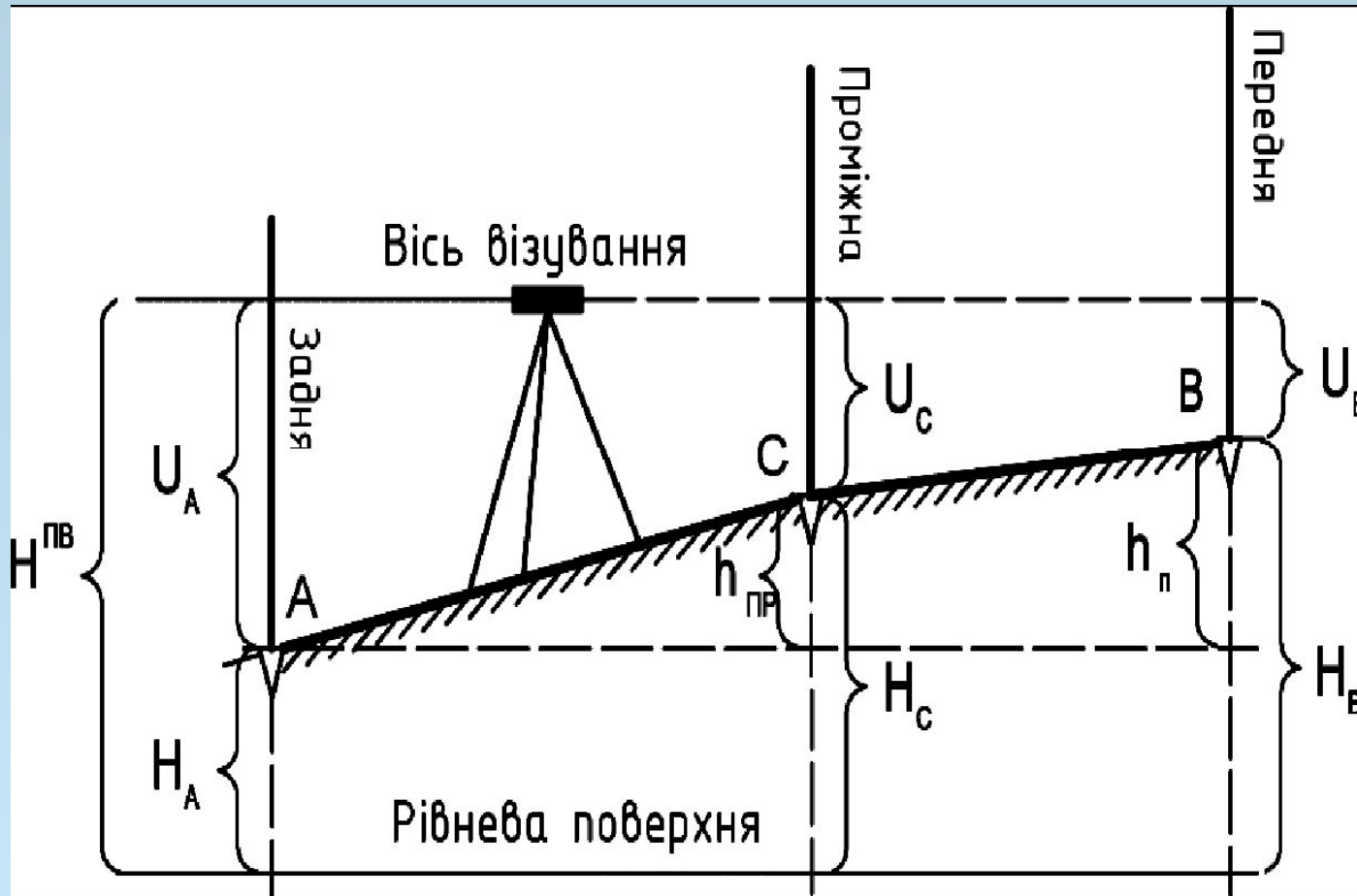
Вісь зорової труби V - V має бути перпендикулярна до осі обертання теодоліта Z - Z



Перевірки нівеліра : а, би, в-схема розташування осей; г- положення нівеліра при перевірці головної умови; д.- положення бульбашки круглого рівня.

***3. Способи вимірювання
перевищень методом
геометричного нівелювання.***

Нівелювання із середини



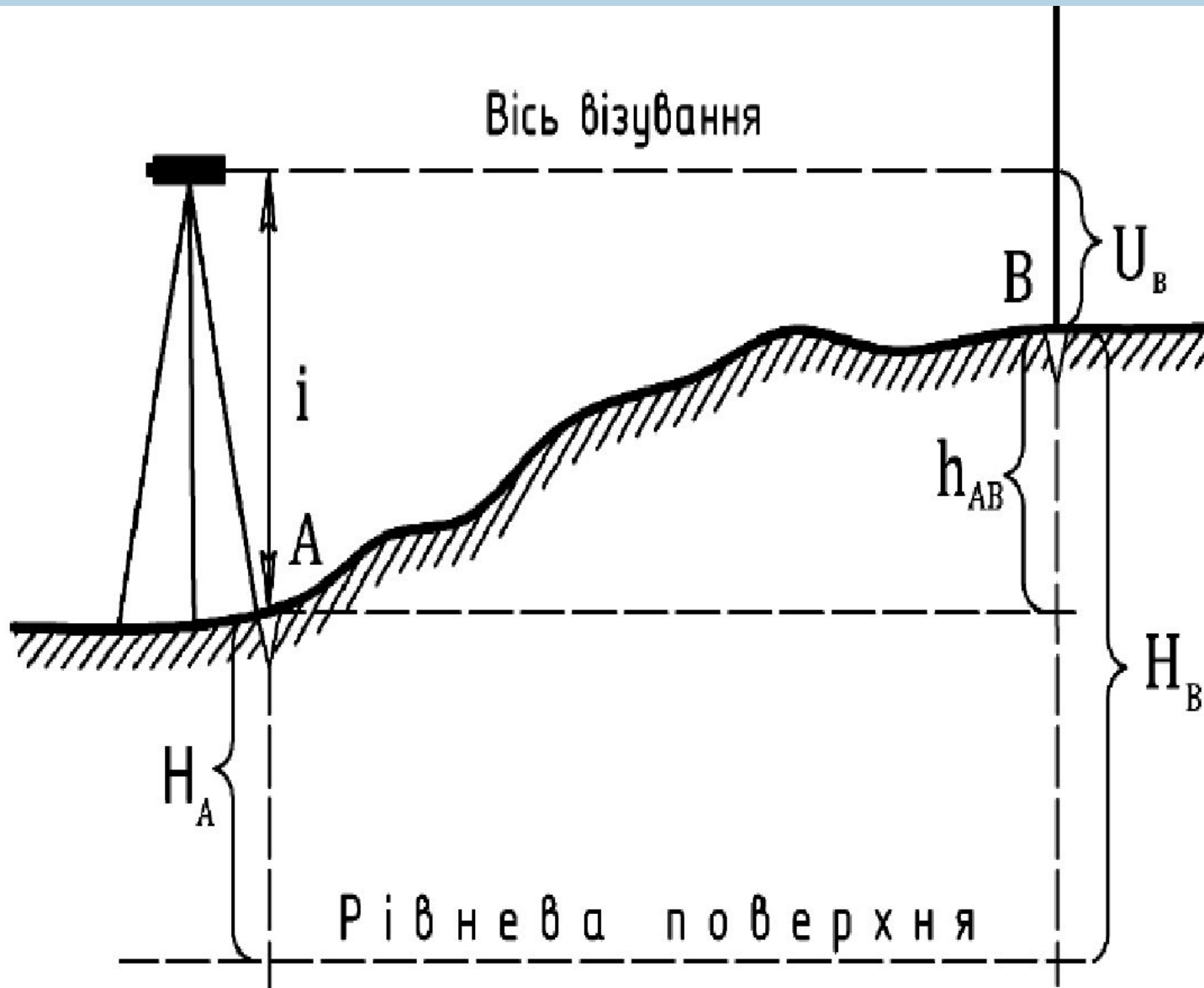
$$h_{AB} = U_A - U_B$$

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

$$H^{пв} = H_A + U_A$$

$$H_C = H^{пв} - U_C$$

Нівелювання вперед



$$h_{AB} = i - U_B.$$

$$h_1 = U_A - U_1$$

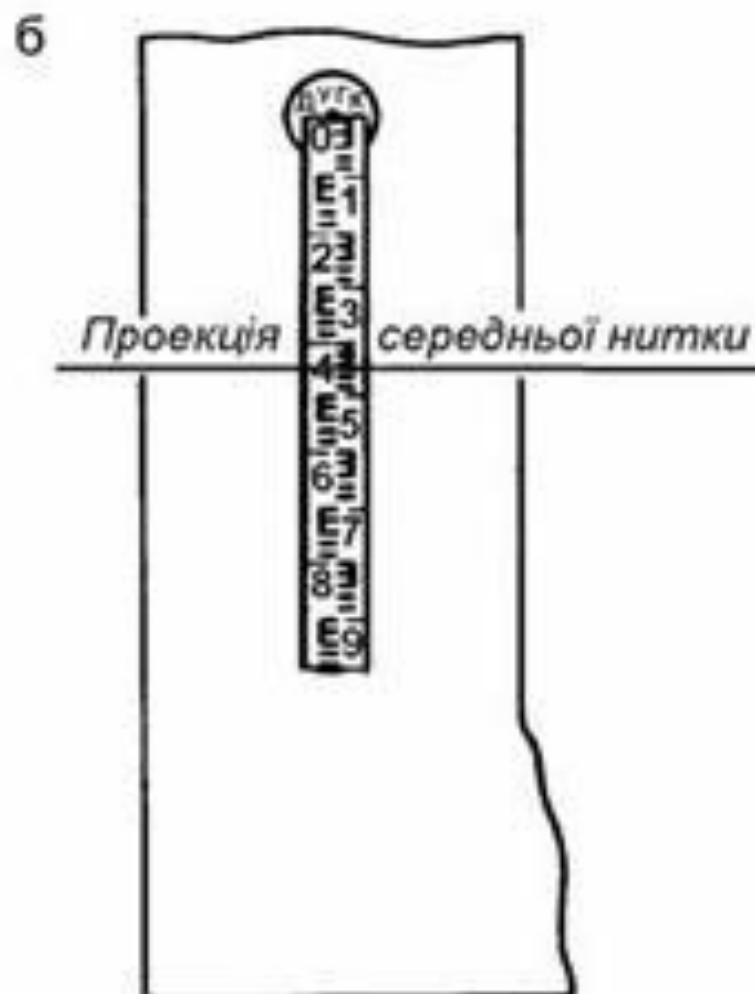
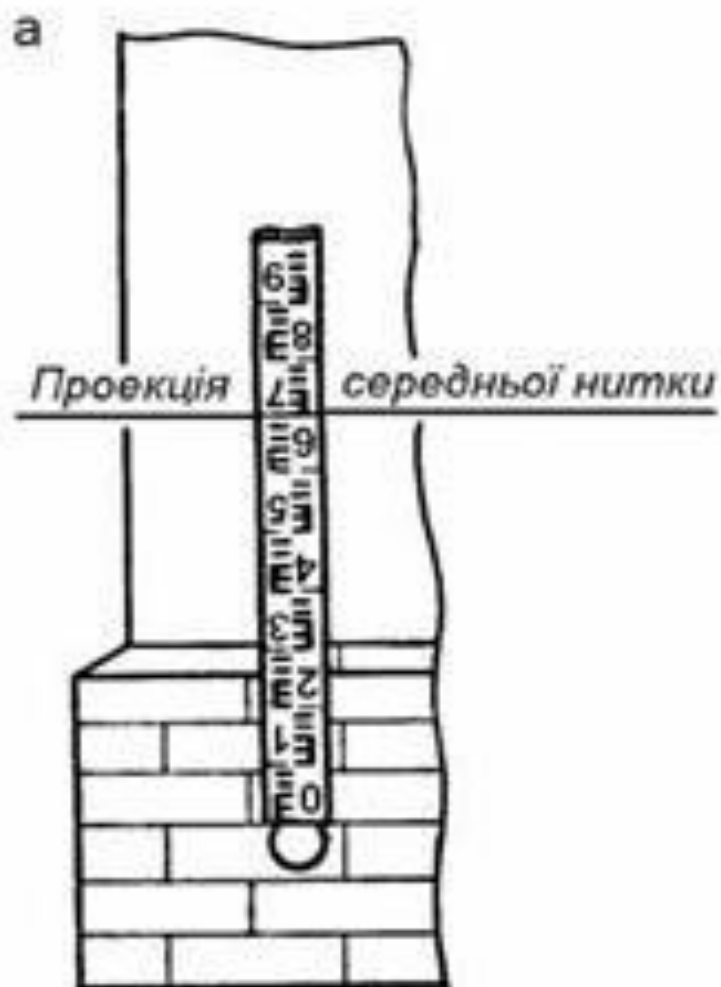


Рис. V.22. Встановлення рейки на знаки державної геодезичної сітки: а) на стінний репер; б) на стінну марку

4. Послідовне нівелювання.

Частіше приходить ся визначати перевищення між точками, які знаходяться на значній відстані одна від одної. Тоді виконують послідовне нівелювання на першій, другій, ... станціях.

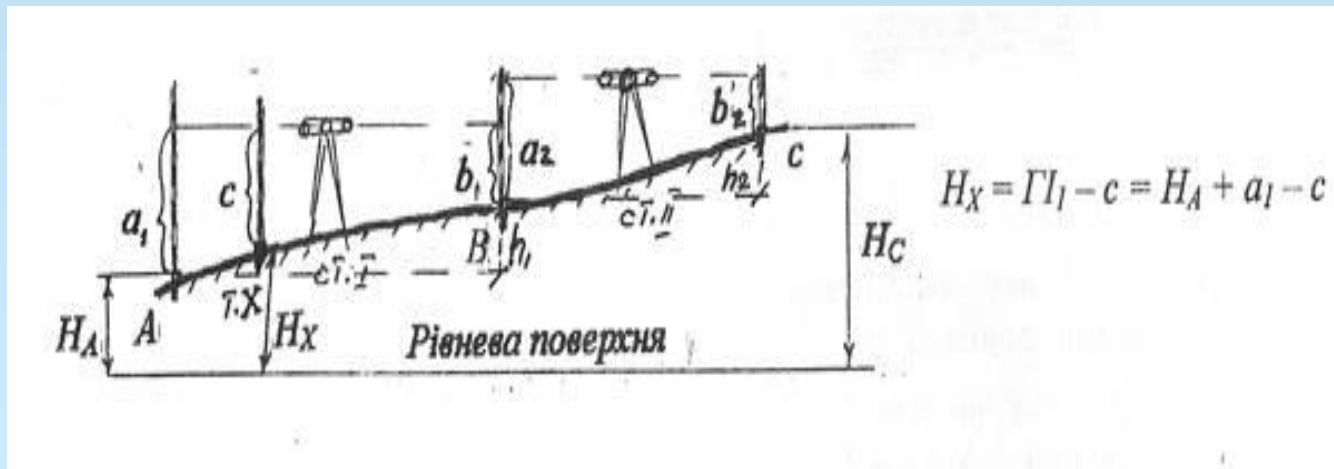
По результатах вимірювань на кожній станції обчислюють перевищення по кожній станції:

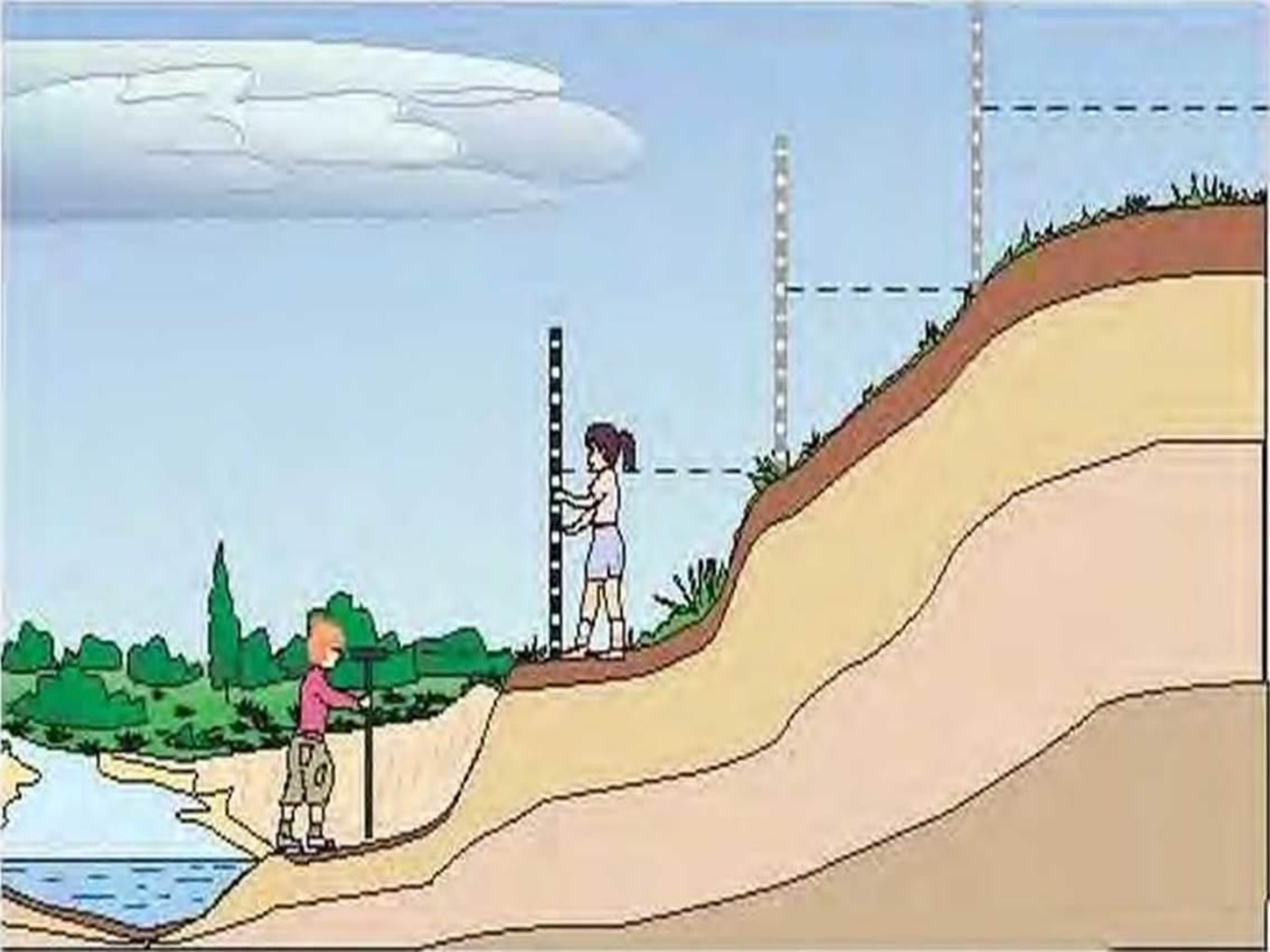
$$h_1=a_1-b_1, h_2=a_2-b_2, \dots, h_n=a_n-b_n$$

Точки, спільні для двох сусідніх станцій, називаються зв'язуючими, а точки, розташовані між зв'язуючими, називаються проміжними, наприклад т.Х.

$$H_c = H_A + h_1 + h_2 = H_A + a_1 - b_1 + a_2 - b_2$$

Позначки проміжних точок обчислюють через горизонт інструменту





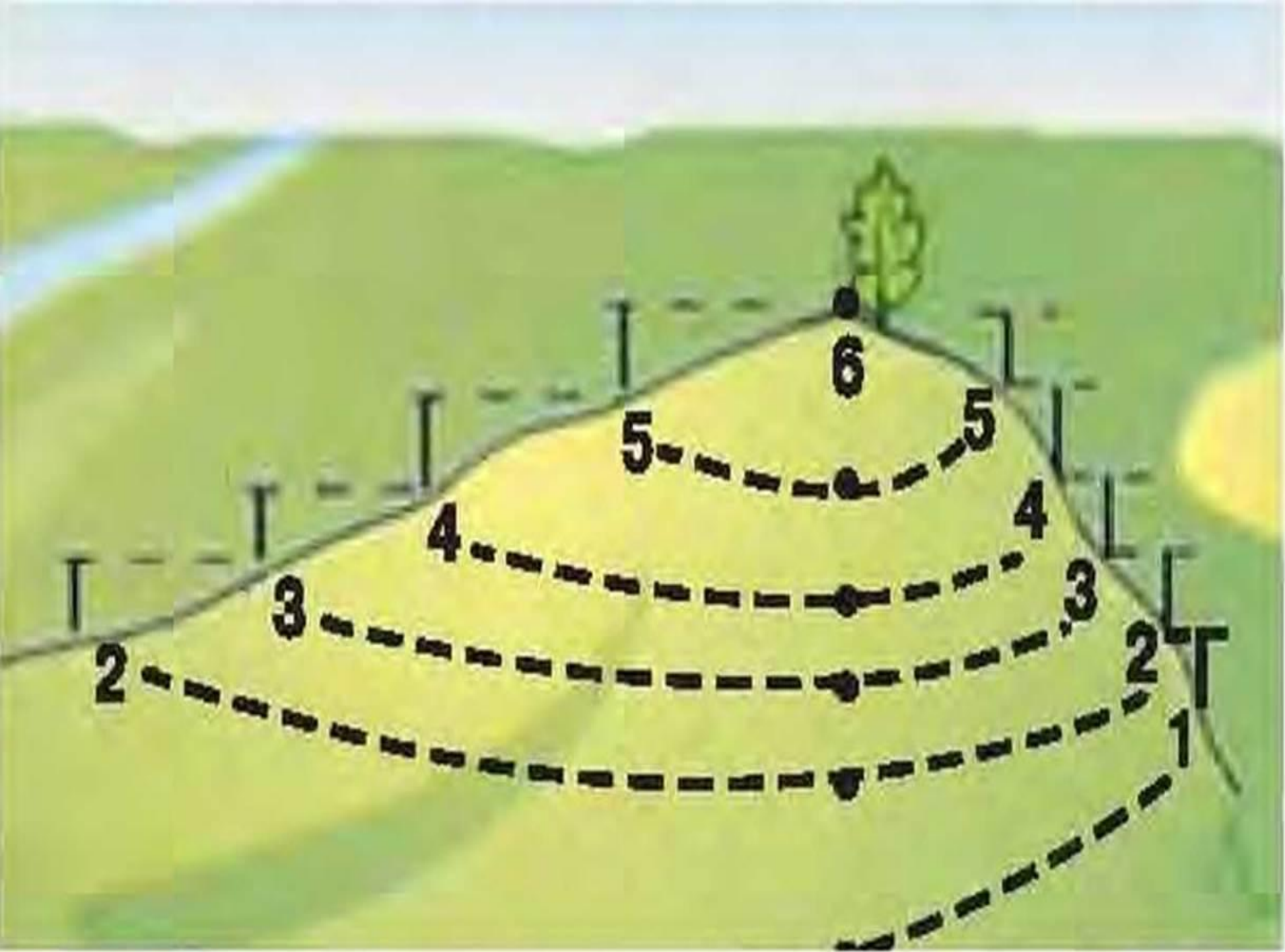
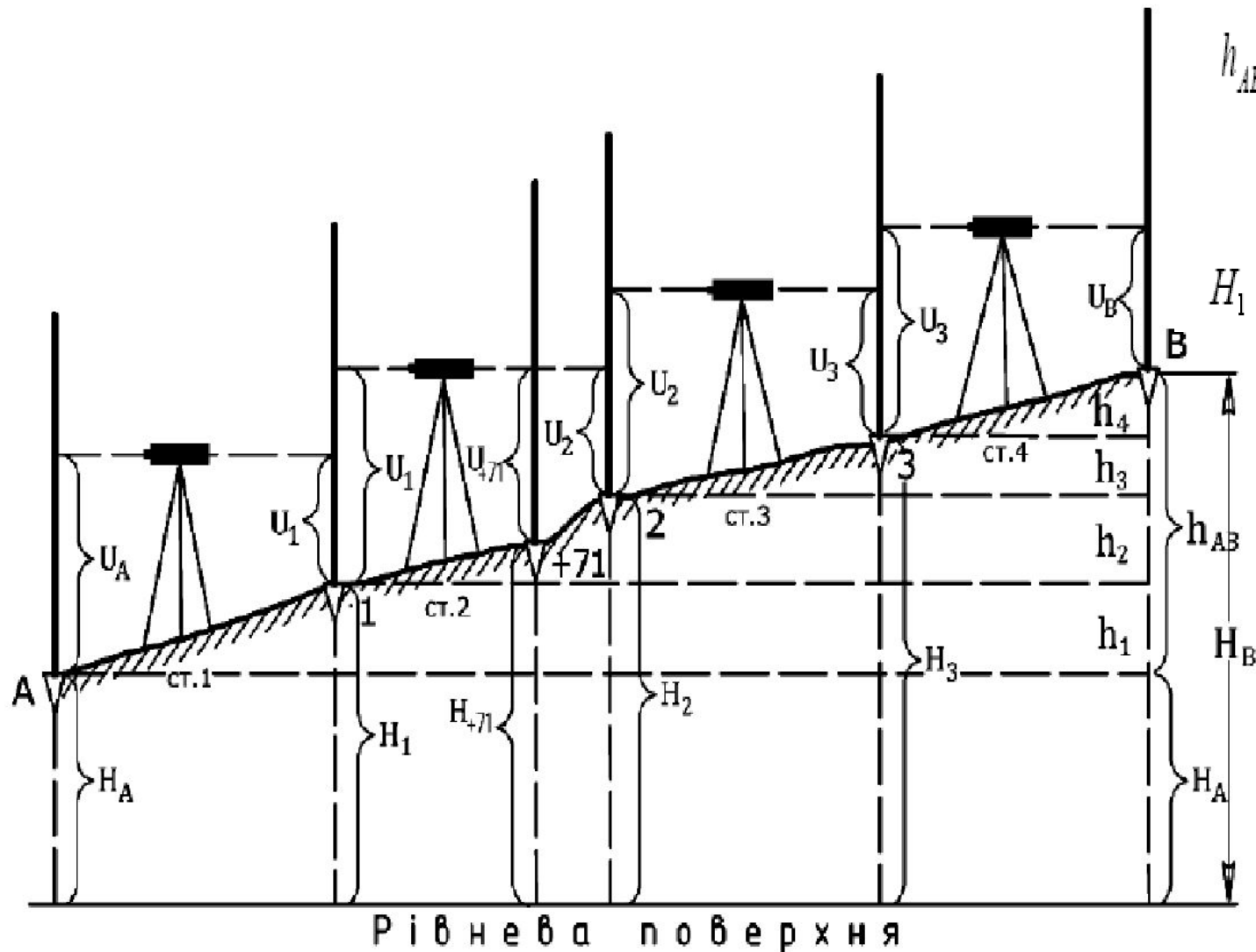


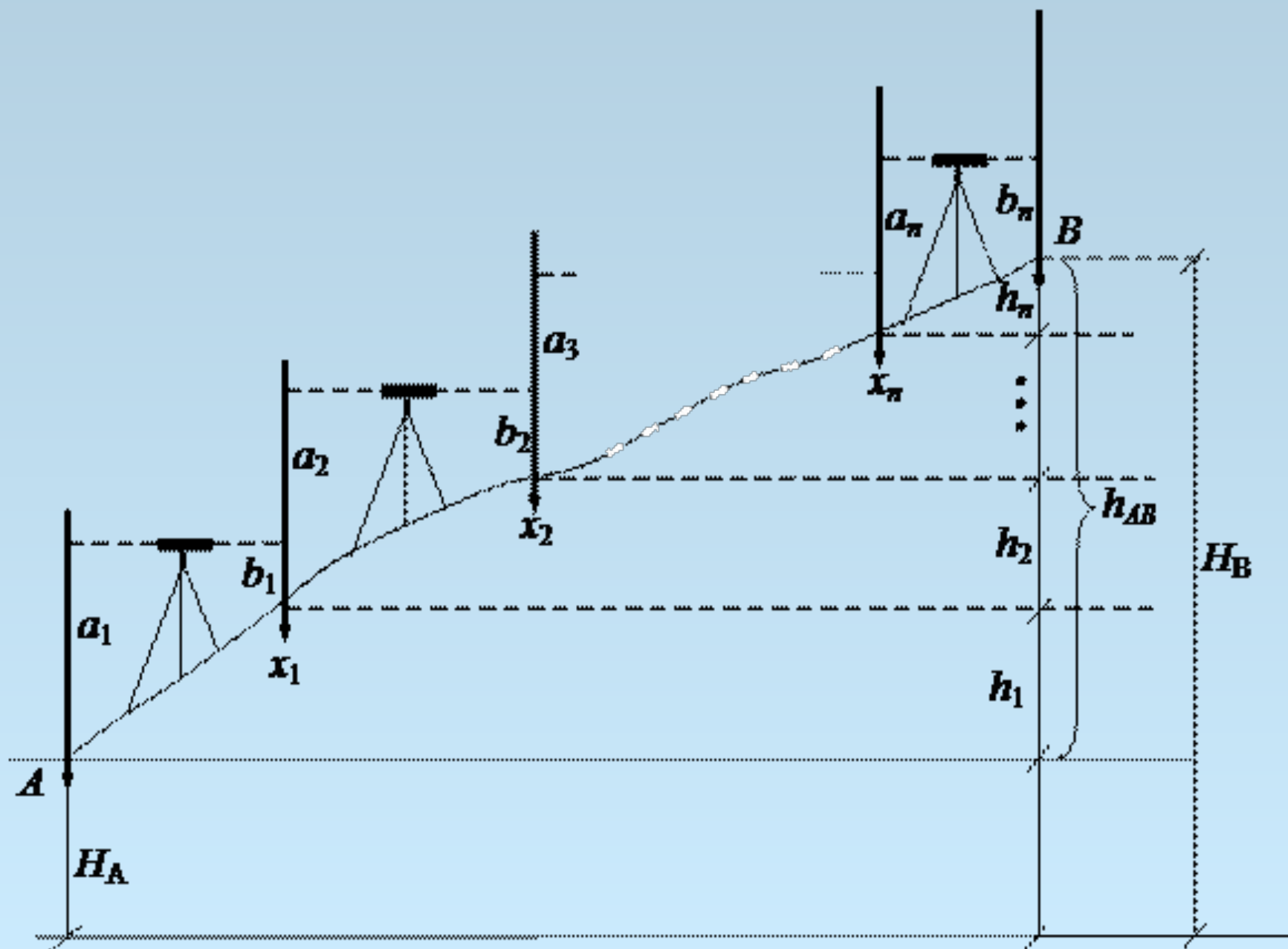
Схема послідовного нівелювання



$$h_{AB} = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 = \sum h$$

$$H_B = H_A + \sum h.$$

$$H_1 = H_A + h_1, \quad H_2 = H_1 + h_2$$



5. Порядок роботи на станції геометричного нівелювання.

нівелювання

- 1. Нівелір встановлюють посередині між точками A і B і приводять його в робоче положення. В журналі технічного нівелювання фіксують номер станції (1), задньої (A), передньої (B) і проміжної (C) точок.
- 2. Візують на задню рейку, встановлену в точці A , і беруть відлік за чорною шкалою (2190). Результат заносять до колонки №3.
- 3. Візують на передню рейку, встановлену в точці B , і так само беруть відлік за чорною шкалою (0550). Результат записують у колонку №4.
- 4. Перевертають передню рейку червоним боком і беруть відлік за шкалою (5202).
- 5. Візують на задню рейку, встановлену в точці A , і беруть відлік за червоною шкалою (6840).
- 6. Візують на проміжну точку (C) і беруть відлік тільки за чорною шкалою (1166). Результат записують в колонку №5 журналу технічного Нівелювання

Дата: 15.08.1990 г. Погода: сонячна Спостерігач: Цой В.Р.

№ станції	№ точки	Відлік за шкалою, мм			Перевищення, мм		Висота променя візування $H^{ПВ}$, мм	Відмітка точки H , мм
		задній	передній	проміжний	виміряне	середнє		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	A	2190					102.190	100.000
		6840			1640	1639		
	B		0550		1638			101.639
			5202					
	C			1166				101.024

Висотні ходи зйомочної основи

1. Обчислюють суму виміряних перевищень

$$\sum h_{\text{вим}} = h_1 + h_2 + \dots + h_n$$

2. Обчислюють теоретичну суму перевищень за формулою

$$\sum h_m = H_{RpK} - H_{RpH}$$

де $HRpK$, $HRpH$ – відмітки кінцевого і початкового реперів.

Для замкнутого ходу

$$\sum h_m = 0$$

3. Обчислюють нев'язку в перевищеннях за формулою

$$f_h = \sum h_{\text{вим}} - \sum h_m$$

Для замкнутого ходу

$$f_h = \sum h$$

Гранично допустиму нев'язку для технічного нівелювання обчислюють за формулою

$$f_{h_{\text{дон}}} = \pm 50\sqrt{L}$$

де L – довжина нівелірного ходу в кілометрах.

- Якщо $f_h \leq f_h \text{ доп}$, то математичну обробку продовжують. В протилежному випадку виконують повторне вимірювання перевищень h_i .
- 4. Обчислюють поправки до виміряних перевищень за формулою

$$v_h = -\frac{f_h}{n}$$

- 5. Обчислюють виправлені перевищення за формулою

$$h_{\text{вип}} = h_{\text{вим}} + v_h$$

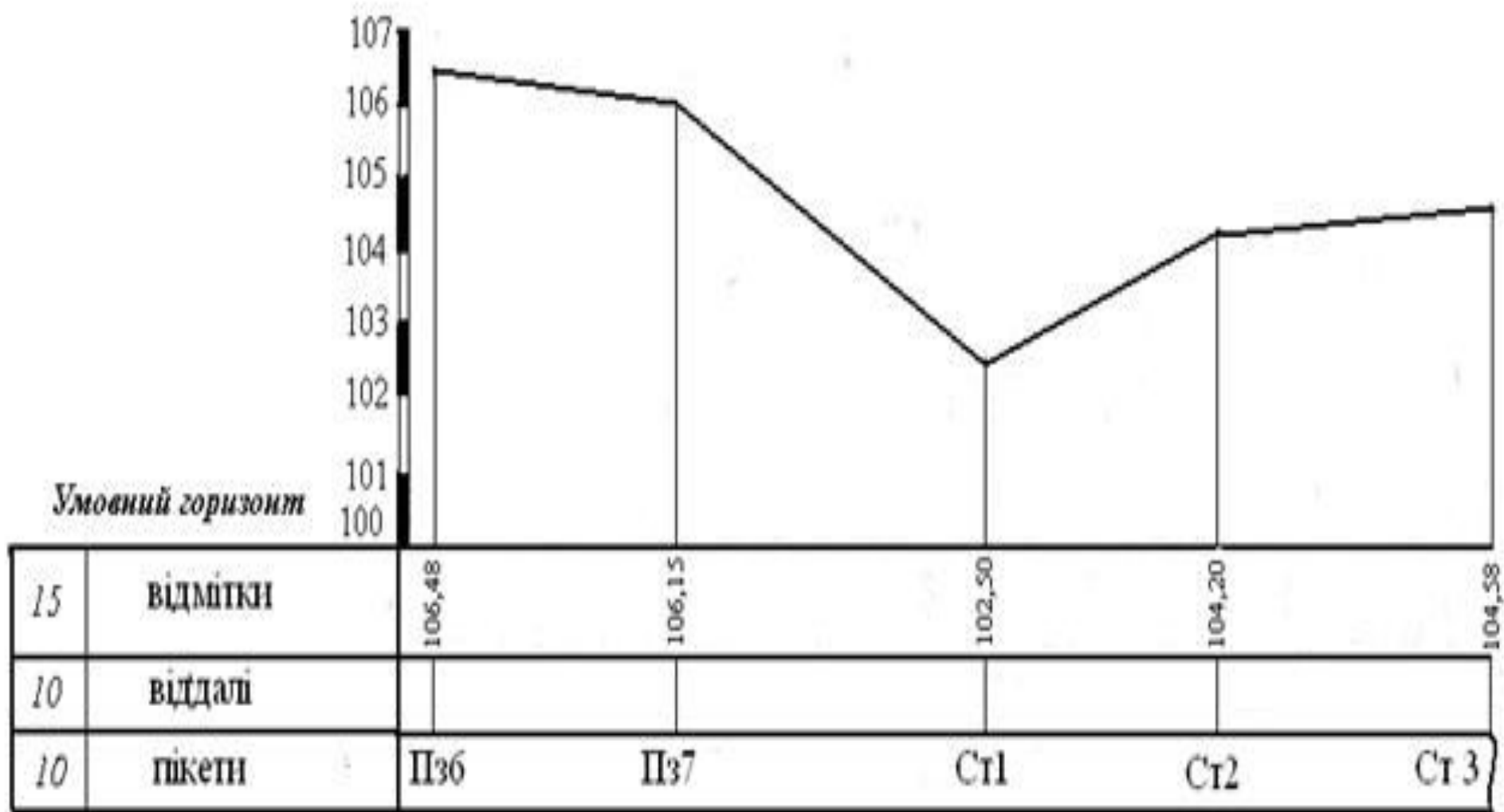
- 6. Обчислюють відмітки точок за формулою

$$H_{i+1} = H_i + h_i$$

№ станції	№ точки	Відлік за рейкою, мм		Перевищення, мм		Поправка v_h , мм	Виправлене перевищення, мм	Відмітка точки Н, мм
		задньою	передньою	виміряне	середнє			
1	1	2190						100.000
		5202		1640	1639	-2	1637	
	2		0550	1638				101.637
			6840					
2	2	2045						101.637
		5098		0295	0296	-2	294	
	3		1750	0296				101.931
			5394					
3	3	1980						101.931
		4802		-0583	-0584	-2	-0586	
	4		2563	-0585				101.345
			5387					
4	4	1455						101.345
		4335		-1345	-1344	-1	-1345	
	1		2800	-1343				100.000
			5678					
	$L=$	348 м	$f_h=7$	$\sum h_{\text{вим}}=$	7 мм			
			$f_{\text{дон}}=29$	$\sum h_m=$	0			

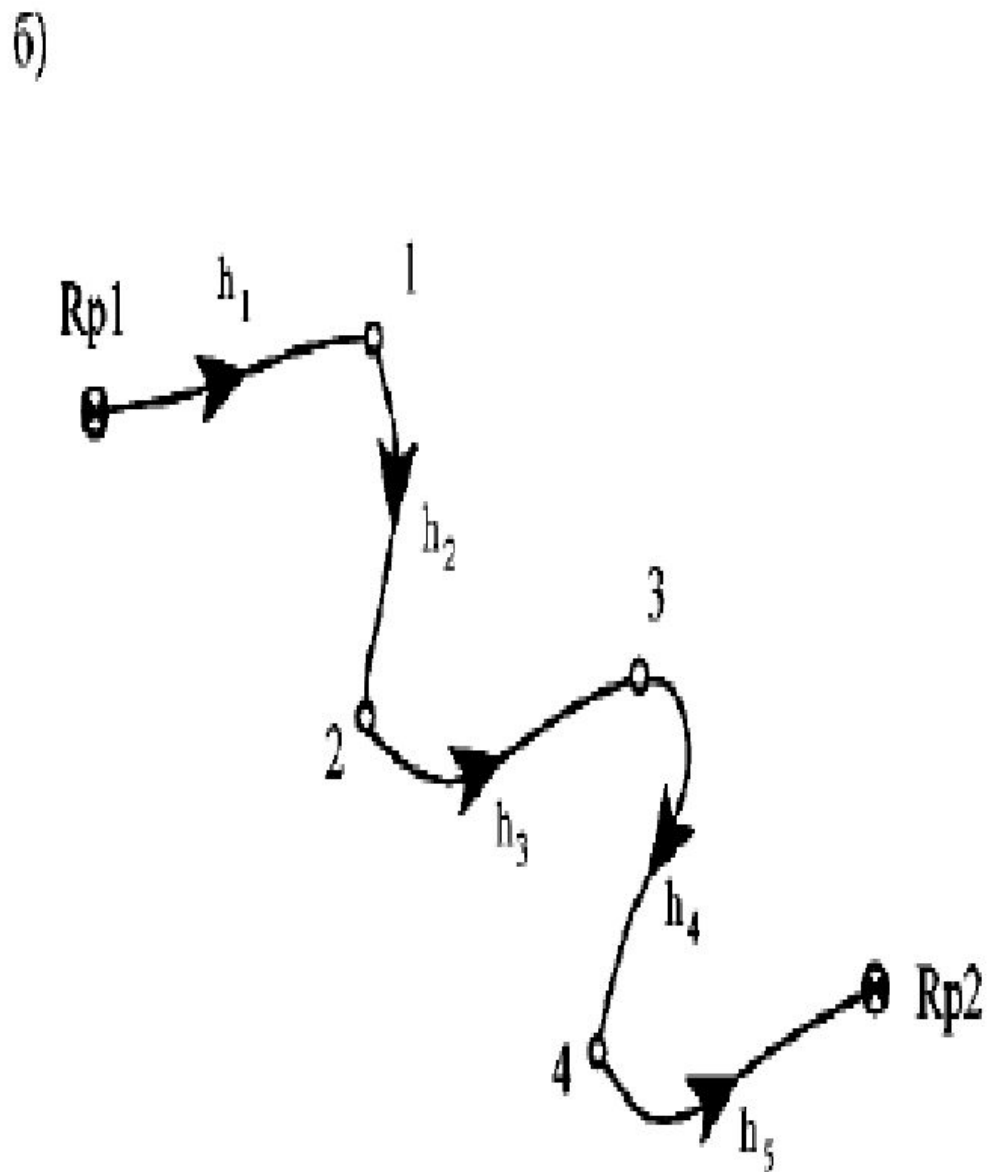
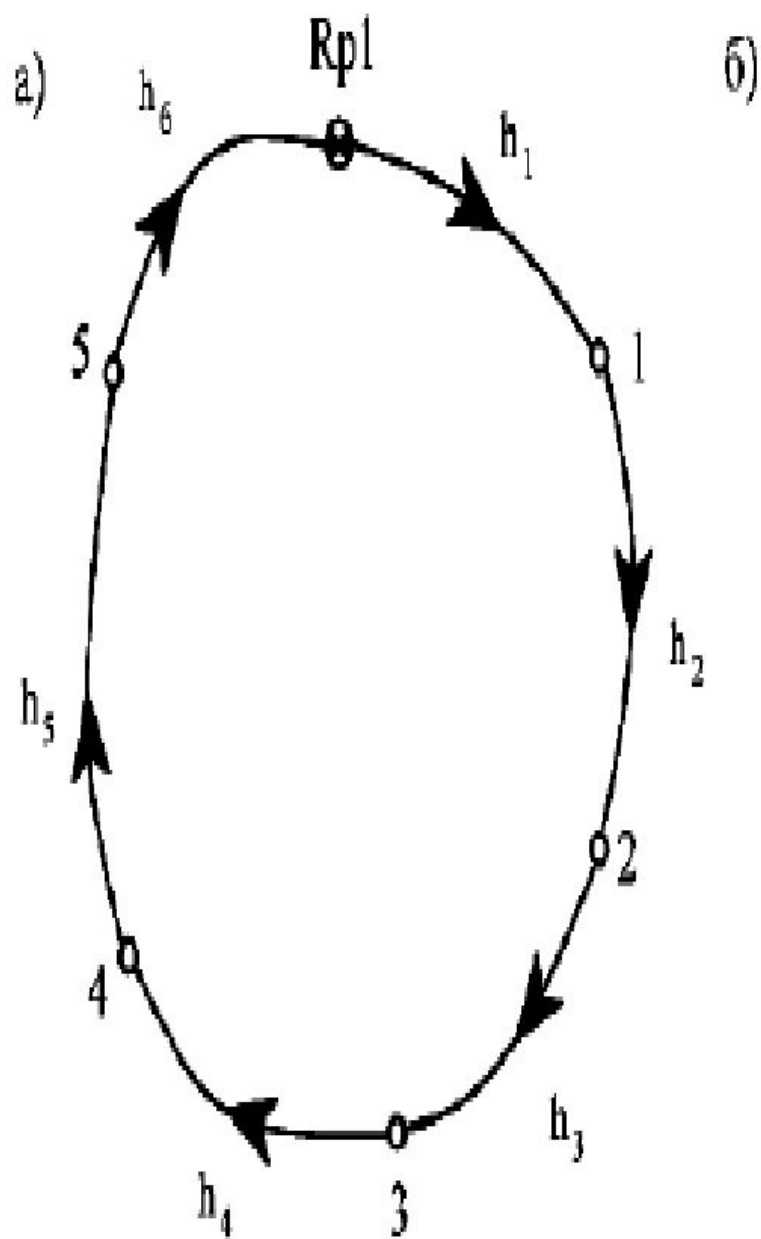
Зразок журналу технічного нівелювання з обробкою результатів визначень

6. Висотні ходи зйомочної основи.



Масштаб: горизонтальний 1:2000
 вертикальний 1:100

Поздовжній профіль місцевості



Нівелірний хід а – замкнений; б - розімкнений

A photograph of a surveying tripod with a prism on a snowy field at sunset. The tripod is positioned in the center-right of the frame, with its legs spread out on the snow. A green prism is mounted on top of the tripod. The background shows a bright sunset with a large, glowing sun partially obscured by a layer of clouds. The sky is a mix of orange, yellow, and blue. There are some evergreen trees in the background, and the foreground is covered in a layer of snow with some small, dark patches of vegetation.

Дякую за увагу!