

# НІВЕЛЮВАЛЬНІ РОБОТИ



## ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПО НІВЕЛЮВАННЯ

# План лекцій

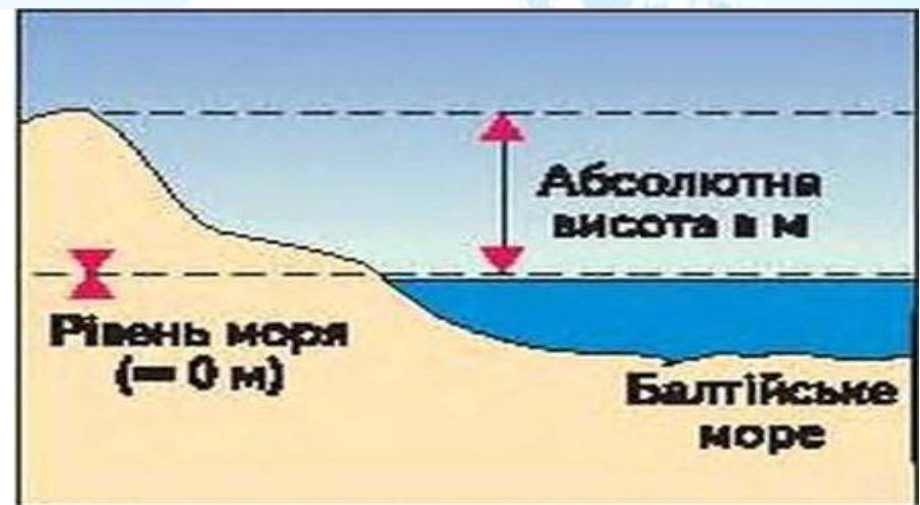
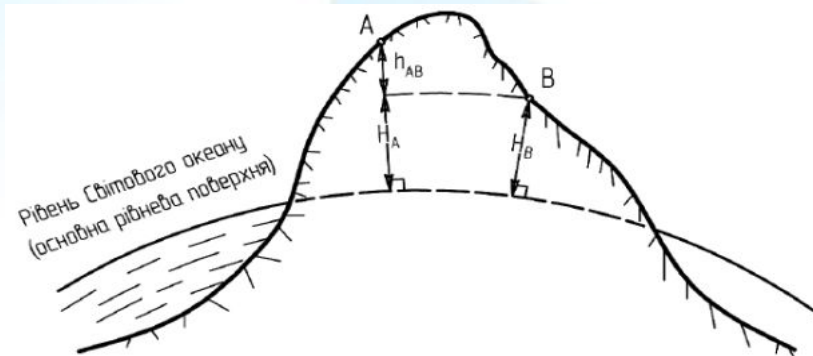
1. Абсолютні та відносні висоти, перевищення.
2. Рельєф та відображення його на плані.
3. Види і способи нівелювання.
4. Складне нівелювання.
5. Вплив рефракції та кривизни Землі на точність нівелювання.
6. Державна нівелірна сітка. Марки та репери.
7. Нівеліри, їх будова, перевірки.
8. Нівелірні рейки та їх дослідження.
9. Прив'язка нівелірних ходів до марок і реперів.
10. Нівелювання IV класу.

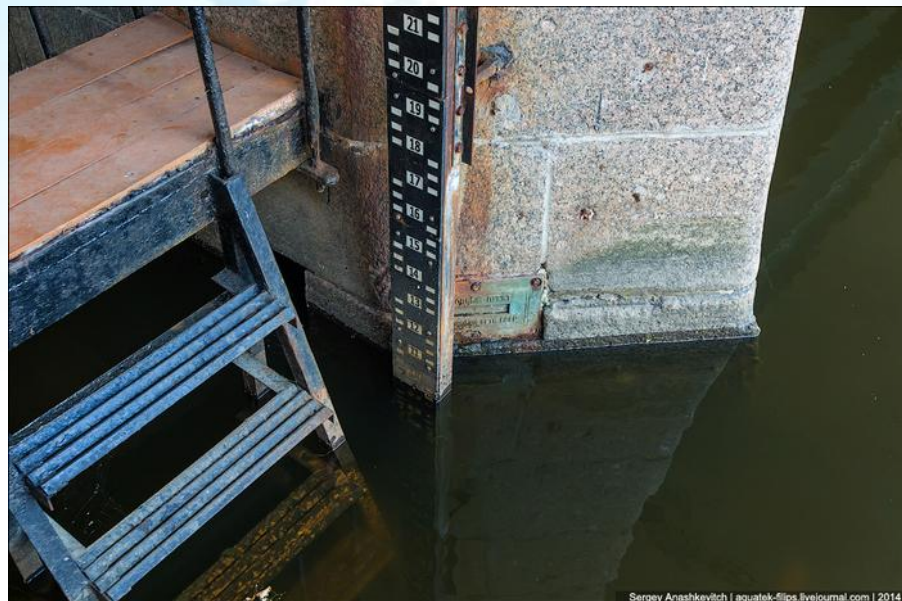
## Абсолютні та відносні висоти, перевищення.

Взаємне положення точок в вертикальній площині характеризується висотами точок.

**Висотою точки** називається відрізок прямовисної точки до певної рівневої поверхні, прийнятої за початок відліку висот.

Висоту точки, яка визначена відносно основної рівневої поверхні – називають **абсолютною**.





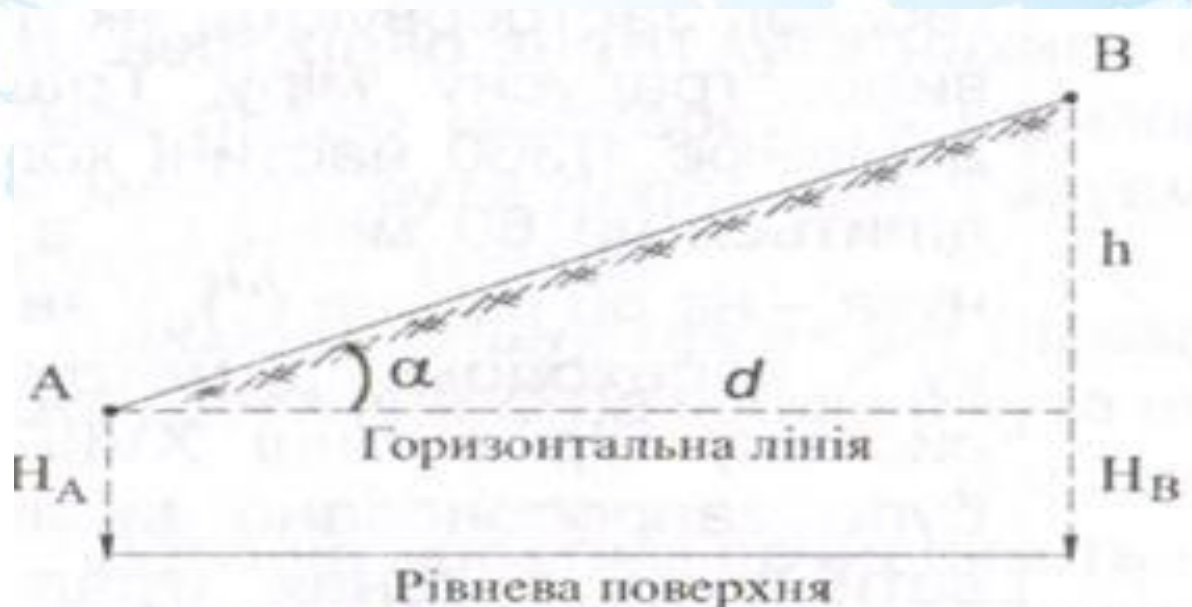
Serevy Anashkevich | aquatek-flips.livejournal.com | 2014

За основну рівневу поверхню прийнята поверхня, яка проходить через нуль Кронштадського футштока. Футшок являє собою мідну пластину, закріплену в уступі мосту через Обвідний канал в м. Кронштаті, острів Котлин у Фінському заливі. Нанесена на пластині горизонтальна риска відповідає середньому рівню води в Балтійському морі, спостереження за якими ведуть з 1825 року. Тому система висот в нашій країні має назву Балтійської.

За початок відліку висот може бути прийнята будь-яка рівнева поверхня.

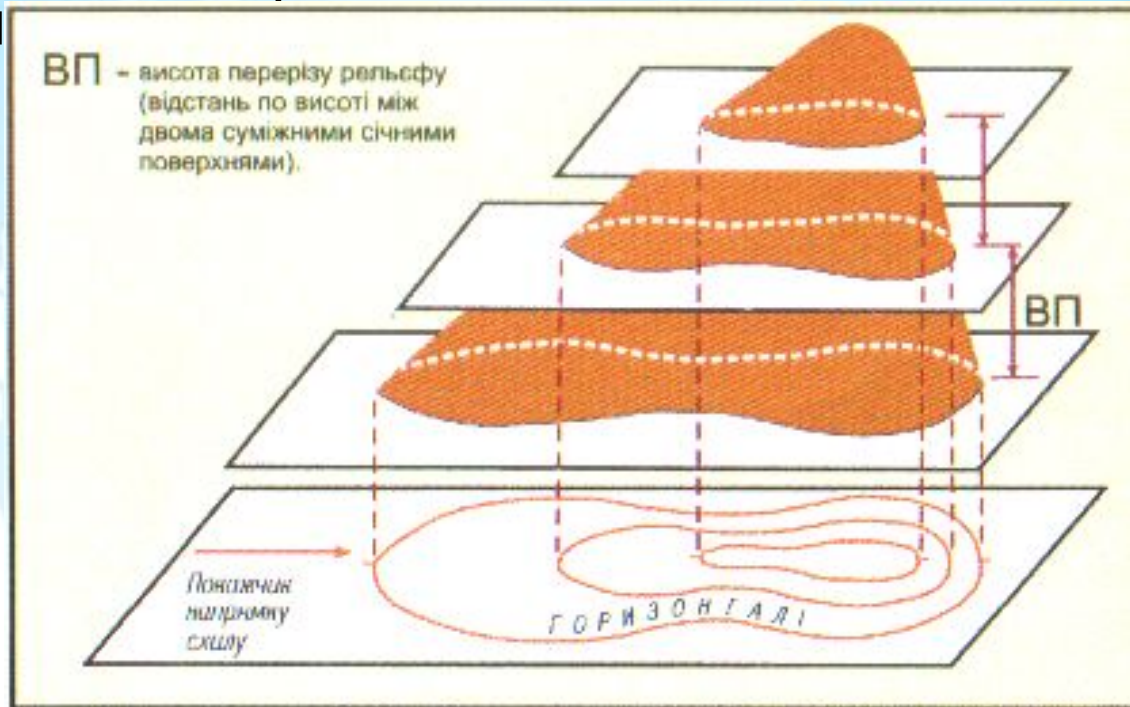
Висота точки, обчислена відносно деякої умовної рівневої поверхні, наз. **умовними** або **відносними**.

Якщо на план нанесені точки земної поверхні з їх позначками, то вони будуть показувати нерівності. Різниця в висоті між точками – **перевищення**.

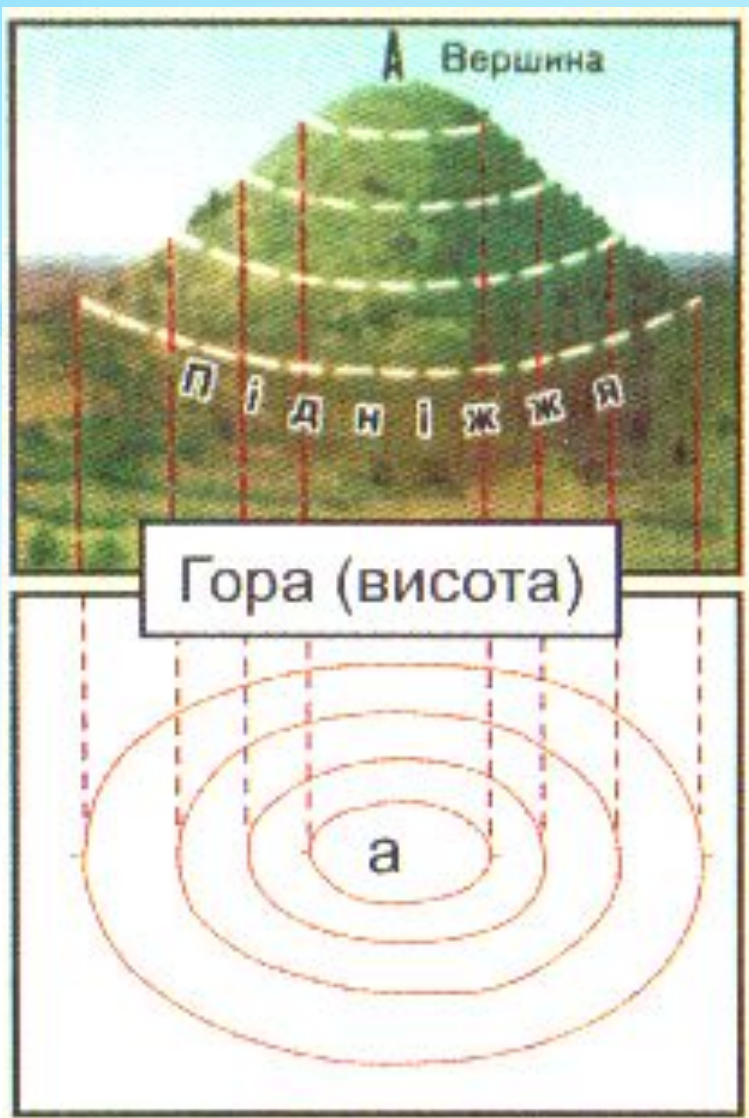


# Рельєф та відображення його на плані

**Рельєф** – це відображення на плані нерівностей земної поверхні, він зображений горизонталями. **Горизонталь** – умовна крива лінія, яка з'єднує точки з однаковими позначками



При всій різноманітності рельєфу в топографії розрізняють деякі основні форми рельєфу: гора, улоговина, лощина, хребет, сідловина



**Гора, пагорб** – це куполоподібна форма рельєфу, що здіймається над навколишньою місцевістю. Найвища її точка – вершина. Бокова поверхня – схили, нижня частина є основою або підшвою гори.



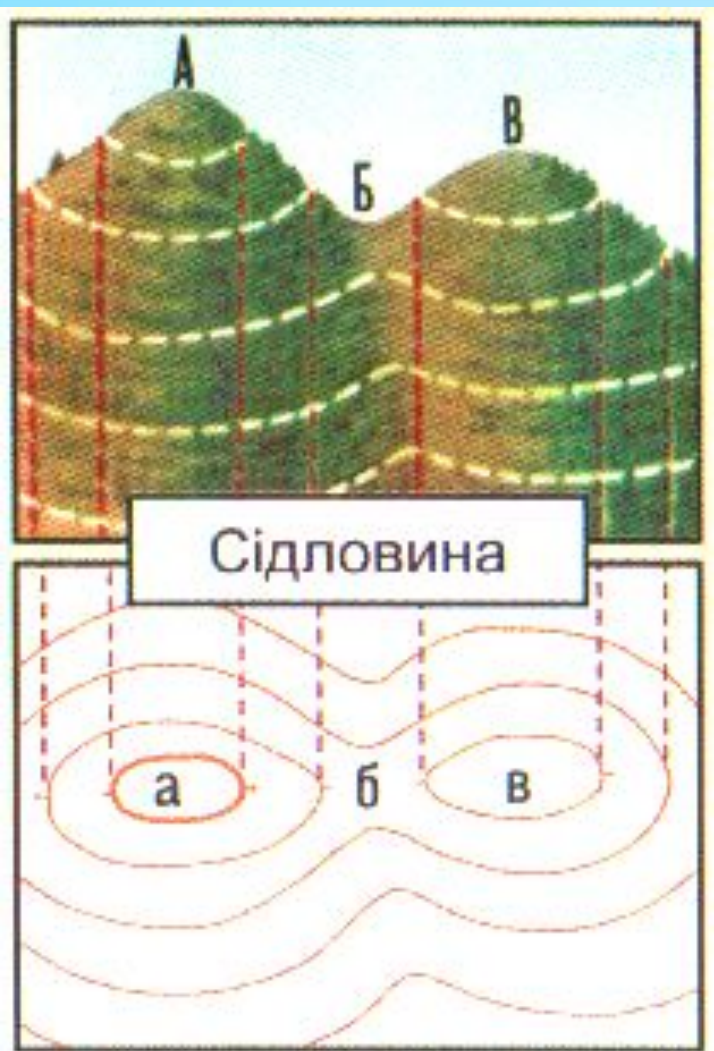
**Улоговина або западина** – це чашоподібне заглиблення, яке не має стоку води. Найнижча її точка – це дно, бокові поверхні – це стади або схили. Лінія перетину спаду котловини з рівнинною місцевістю – бровка.





**Лощина** – це витягнуте з нахилом заглиблення земної поверхні, що зображується на картах і планах угнутими горизонталями. Вісь лощини (лінія перетину її схилів) називається тальвегом або водотоком, або лінією водозбору. Лінія водозбору на карті або плані проходить перпендикулярно горизонталям в місцях їх найбільшої увігнутості

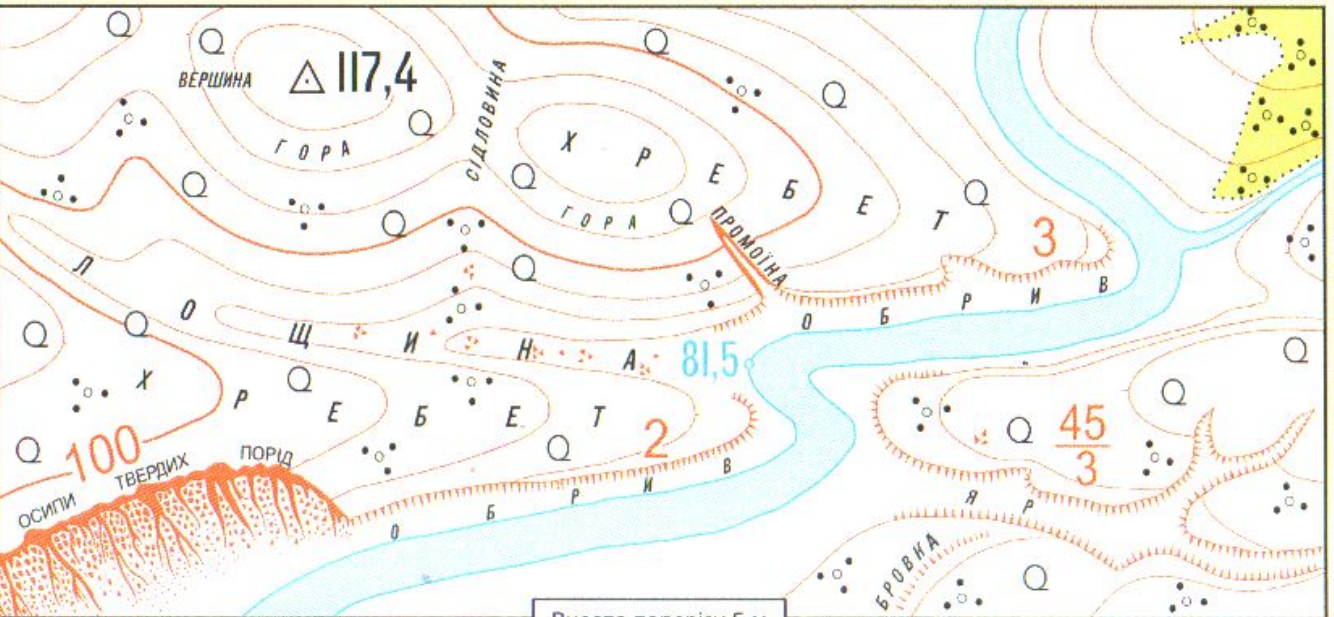
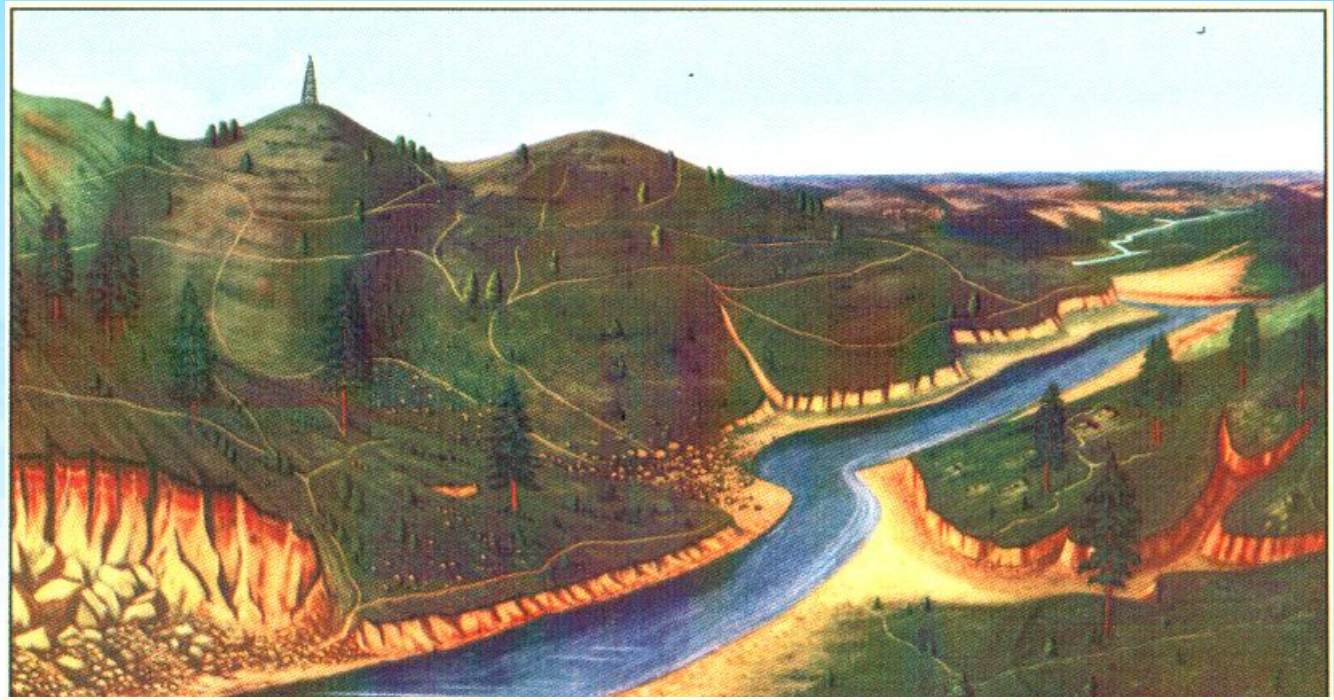
**Хребет** – це витягнута в одному напрямку опукла форма земної поверхні. Хребет зображається на картах і планах випуклими горизонталями. Лінія, що з'єднує найвищі точки хребта, - є вододільною лінією або вододілом. Вона проходить перпендикулярно горизонталям в точках їх найбільшої випуклості.



**Сідловина** – це частина земної поверхні, яка розміщена між двома вершинами. Сідловина – це початок двох лоцин, розміщених в поперечних напрямках від лінії вододілу. Сідловина зображається горизонталями, опукла частина котрих повернена до неї. В гористій місцевості найнижче місце сідловини називається *перевалом*.



Широка лощина з пологим схилом – **долина**, вузька лощина із обривистими схилами – **яр**. Яри зі стрімкими схилами зображаються умовними знаками у вигляді зубців. Яр який заріс травною та кущами і пологими схилами – **балка**.



Для зображення рельєфу місцевості використовують *коричневий* колір. Горизонталі не повинні перетинатися. (Коричневий колір: горизонталі, їх відмітки, умовні знаки ярів, виходи скелястих ділянок.

Висота перерізу 5 м

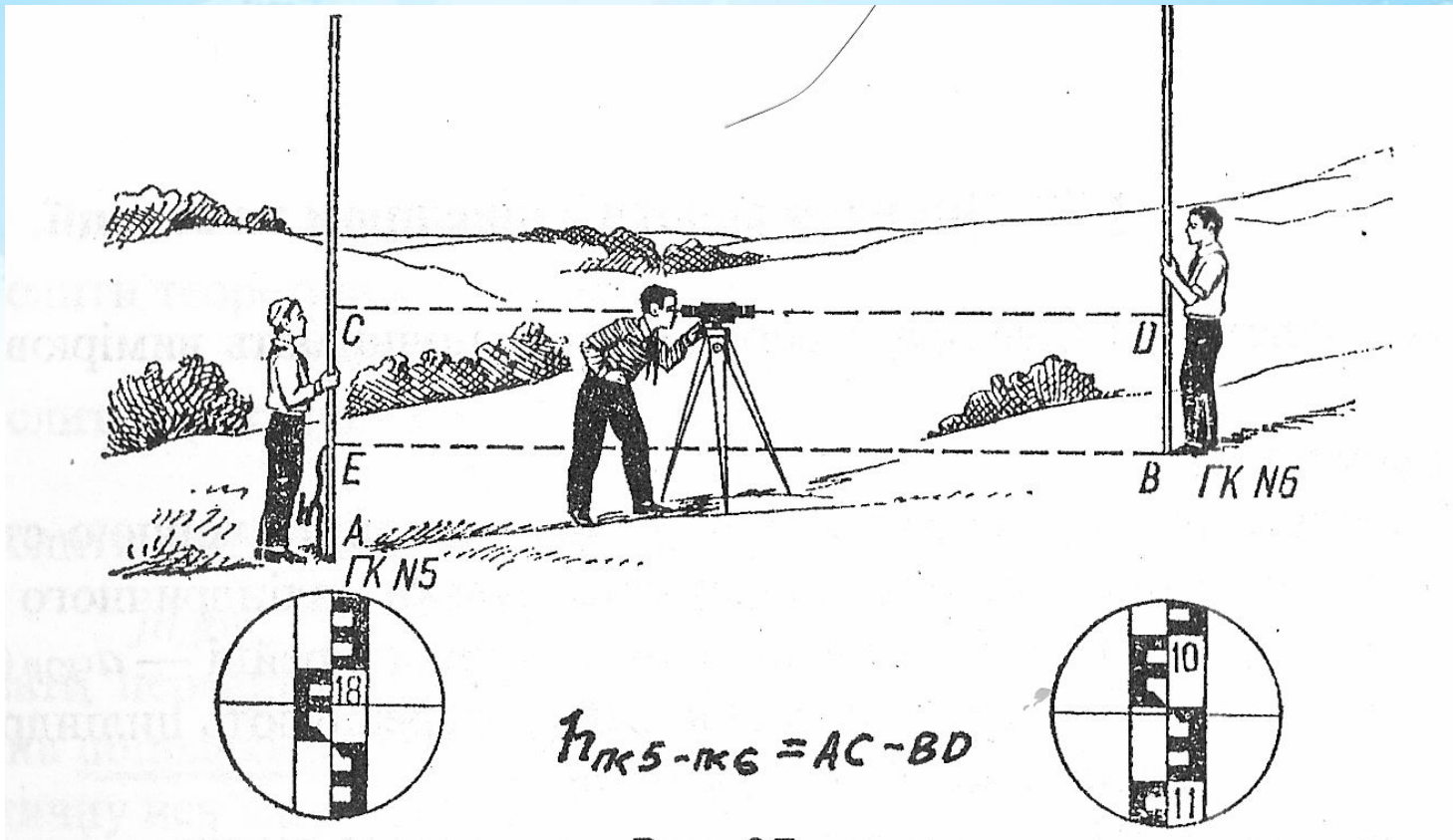
# Види і способи нівелювання

Геодезичні виміри, в результаті яких визначається перевищення або висоти точок називається **нівелюванням**.

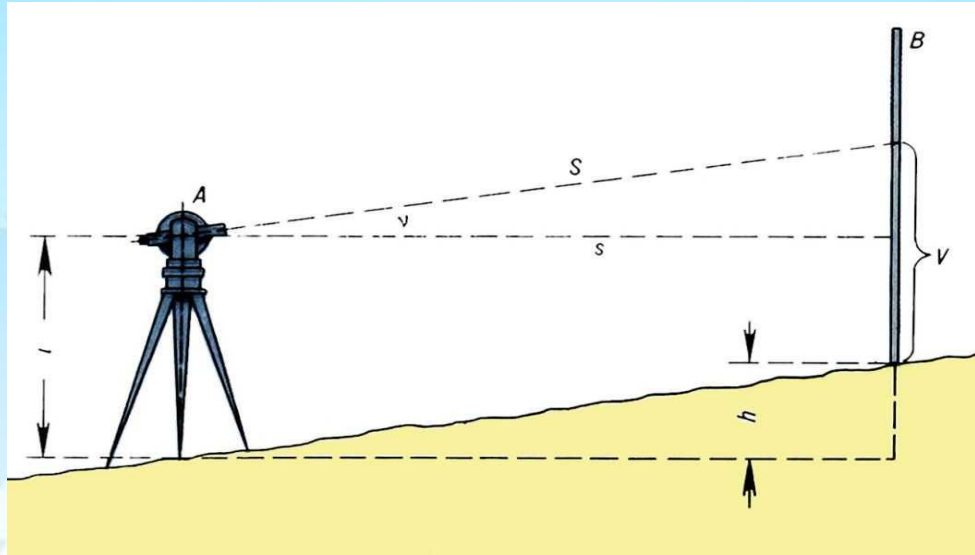
Перевищення використовуються для обчислення висот точок на поверхні Землі. Значення абсолютних висот необхідне для вирішення наукових задач, зв'язаних з вивченням вертикальних рухів земної кори, розв'язування інженерних задач під час вишукувань, будівництві і експлуатації споруд, для відображення рельєфу на планах і картах.

## Розрізняють такі методи нівелювання:

**геометричне** – за принципом використання горизонтального променя візування;



**тригонометричне** – за принципом використання похилого променя візування



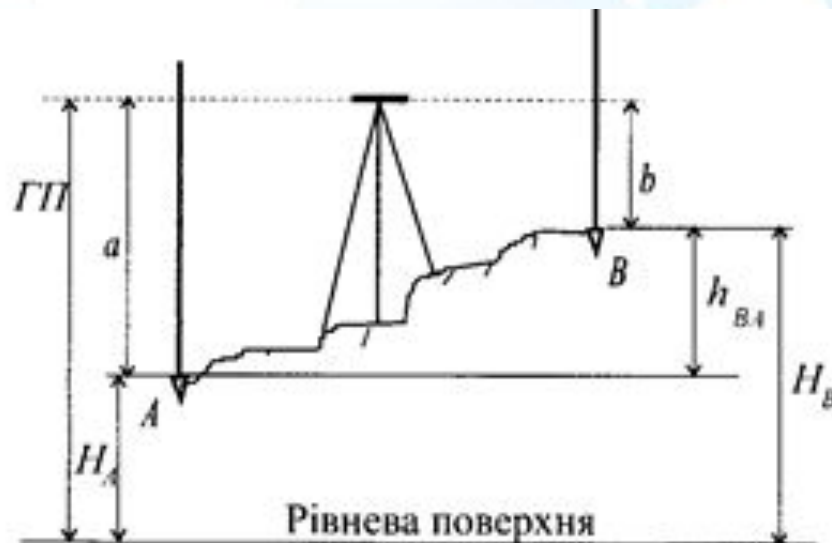
**барометричне** нівелювання, в основу якого покладена залежність зміни атмосферного тиску з зміною положення точки по висоті;  
**гідростатичне** нівелювання, основане на властивості вільної поверхні рідини у сполучених посудинах знаходиться на однаковому рівні, незалежно від взаємного розміщення посудин по висоті;  
**автоматичне** нівелювання основане на перетворенні похилого вектора переміщення приладу на горизонтальні та вертикальні складові;  
**стереофотограмметричне** нівелювання дозволяє визначити перевищення на основі вимірювань фотознімків місцевості, які утворюють стереопару.

Розрізняють два способи геометричного нівелювання: нівелювання із **середини** та нівелювання **вперед**.

Під час нівелювання із **середини** нівелір встановлюється між точками **А** і **В** приблизно на однаковій віддалі від рейок. Якщо т.**А** вважають задньою, а т.**В** передньою то перевищення обчислюється за формулою

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

Таким чином, під час нівелювання з **середини** перевищення між точками дорівнює: „задній відлік” мінус „передній відлік”.





Під час нівелювання **вперед** нівелір встановлюють поблизу точки, так щоб його об'єктив або окуляр знаходились над т.**A**. Проводять візирний промінь у горизонтальне положення. Вимірюють висоту  $i$  візирного променя над точкою **A**. Для цього на точку встановлюють прямовисно рейку і розглядають її через об'єктив нівеліра. На рейці гостро заструганим олівцем відмічають центр зображення окуляра, побудованого об'єктивом, за яким беруть відлік  $i$ . Встановлюють рейку на т.**B** і при горизонтальному промені візування беруть відлік „ $v$ ”. Перевищення визначають, як різницю висоти приладу  $i$  та відліку по рейці  $v$  з формули:

$$h_{BA} = i - v$$

Якщо відома висота т.**A**, то висоту т.**B**, можна обчислити за формулою:

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

де  $H_A, H_B$  – висоти точок **A** і **B** відповідно.

Висоту т.**B** можна обчислити іншим способом, а саме – через горизонт приладу.

**Горизонт приладу** – дорівнює висоті точки плюс висота приладу

$$ГП = H_A + a, \quad \text{або} \quad ГП = H_A + i$$

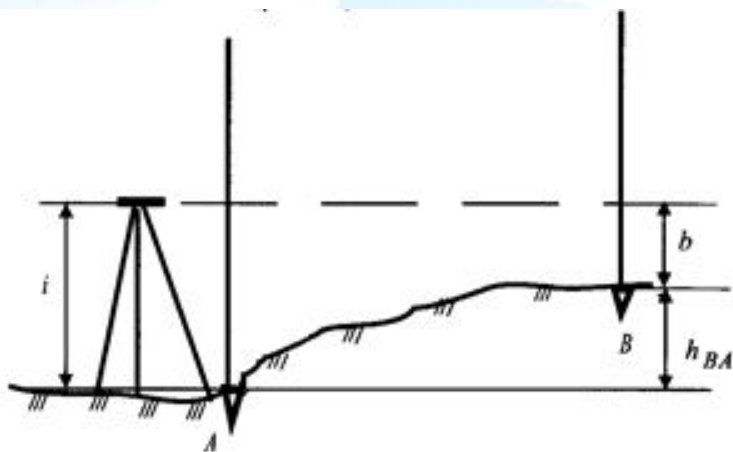
де  $H_A$  – висота точки **A** відносно рівневої або умовної поверхні;

$a$  – відлік по рейці;

$i$  – висота приладу.

Висота т.**B** обчислюється за формулою:

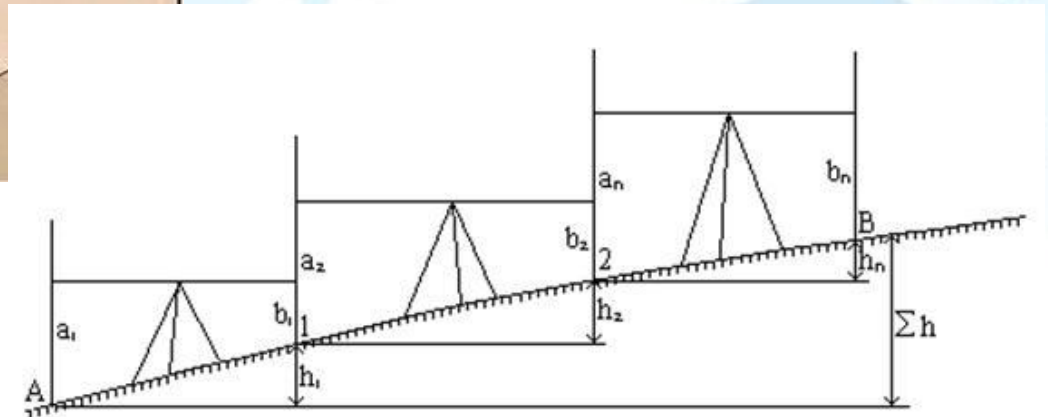
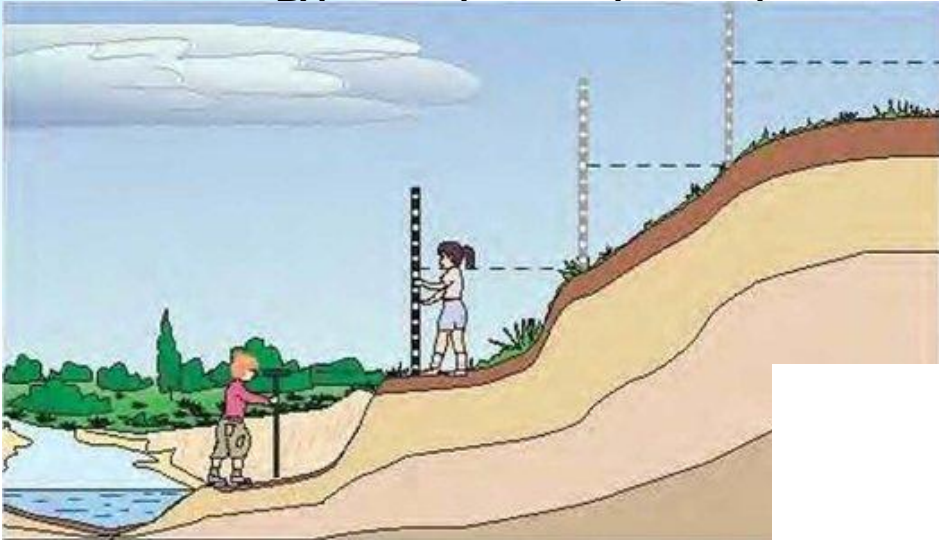
$$H_B = ГП - v$$



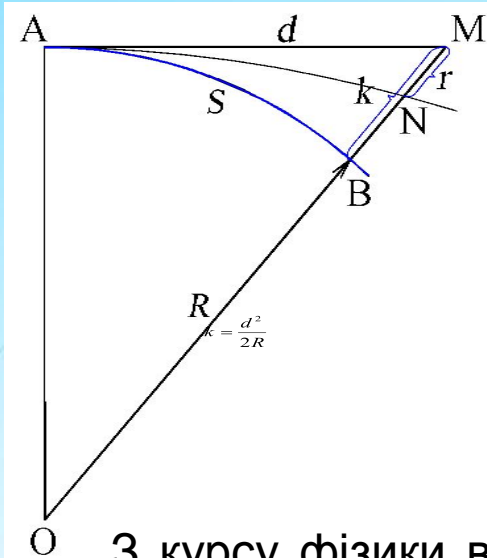
# Складне нівелювання

При передачі висоти на значну віддаль або при великих схилах місцевості застосовують **складне** нівелювання, коли використовують декілька станцій нівеліра, які утворюють у сукупності хід. Перевищення  $h_{AB}$  т. В над т.А обчислюють як суму перевищень між усіма точками ходу:

$$h_{BA} = \sum h_i = \sum a_i - \sum b_i$$



# Вплив рефракції та кривизни Землі на точність нівелювання



Враховуючи те, що Земля має форму кулі то кожна рівна поверхня, має кривизну. Поправка  $k$  на кривизну Землі можна знайти з розв'язування прямокутного трикутника OAM:

$$R^2 + d^2 = (R + k)^2$$

де  $k$  – поправка в перевищенні на кривизну Землі;

$R$  – радіус Землі;

$d$  – горизонтальна віддаль між т-ми  $A$  і  $B$ .

З рішення рівняння з урахуванням того, що  $k$  дуже мале у співвідношенні з  $R$  отримаємо:

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

З курсу фізики відомо, що промінь приземному шарі викривляється через рефракцію і являє собою криву  $AN$ . Відрізок  $r = NM$  називають поправкою на рефракцію. Загальна поправка на кривизну Землі і рефракцію  $f$  у відповідності буде дорівнювати:

$$f = k - r$$

Радіус рефракційної кривої  $AM$  у 6 разів більший від  $R$  Землі, тому вважається що і поправка  $r$  буде у стільки ж разів меншою від величини поправки  $k$  на кривизну Землі. Тоді:

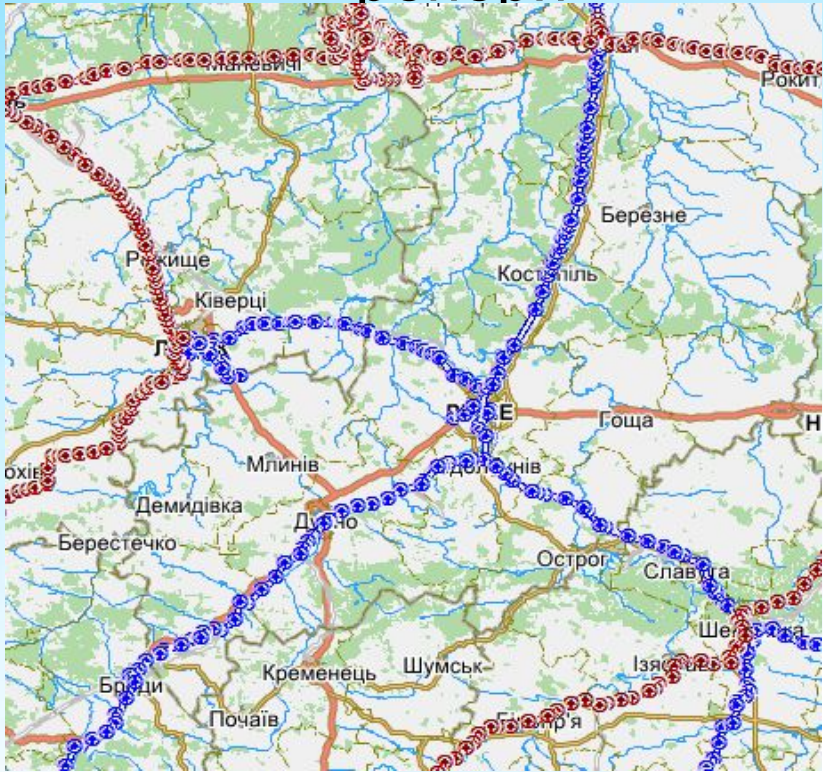
$$f = 0,42 \frac{d^2}{R}$$

Приймаючи  $R = 6371 \text{ км}$ , отримаємо формулу:  $f = 0,06654 d^2$

для  $d$ , що виражається в  $\text{км}$ .

Під час геометричного нівелювання при довжині променя 100 м поправка  $f = 0,6 \text{ мм}$ . Але під час нівелювання з середини її величина практично виключається з результатів обчислення перевищення. Під час тригонометричного нівелювання величина поправки на кривизну Землі і рефракцію помітна вже при віддалі 300 м і складає 6 мм. У цьому випадку поправку слід враховувати.

# Державна нівелірна сітка. Марки та репери



Державна нівелірна сітка є висотною основою топографічних зйомок всіх масштабів та геодезичних вимірів. По точності вона ділиться на сітки нівелювання 1, 2, 3, 4 класів та мережі технічного нівелювання.

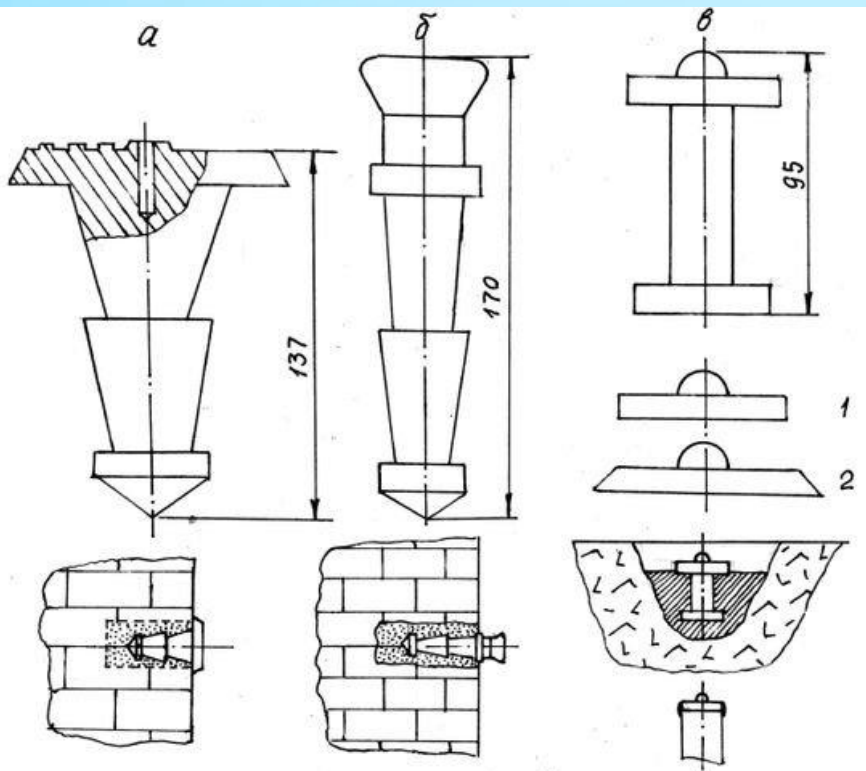
- 1 кл.  $fh_{дон} = \pm 3 \text{ мм} \sqrt{L}$
- 2 кл.  $fh_{дон} = \pm 5 \text{ мм} \sqrt{L}$
- 3 кл.  $fh_{дон} = \pm 10 \text{ мм} \sqrt{L}$
- 4 кл.  $fh_{дон} = \pm 20 \text{ мм} \sqrt{L}$
- технічне нівелювання -  $fh_{дон} = \pm 50 \text{ мм} \sqrt{L}$

де  $L$  – довжина ходу в км.

Технічне нівелювання – висотна основа для зйомки рельєфу.

Для збереження висотних позначок закладають марки і репери. Марка закладається в стіну споруди.

Репери – стінні та ґрунтові. Стінні бетонуються в стіну споруди, на верхнє ребро передається позначка. Ґрунтовий репер бетонується в ямі.



# Нівеліри, їх будова, перевірки

Нівелір – це оптико-механічний прилад, призначений для побудови у просторі горизонтального променя (слово „нівелір” означає „рівень”).

Нівеліри поділяються на три типи: **цифрові, оптичні та лазерні.**



## Будова нівеліру Н-3.



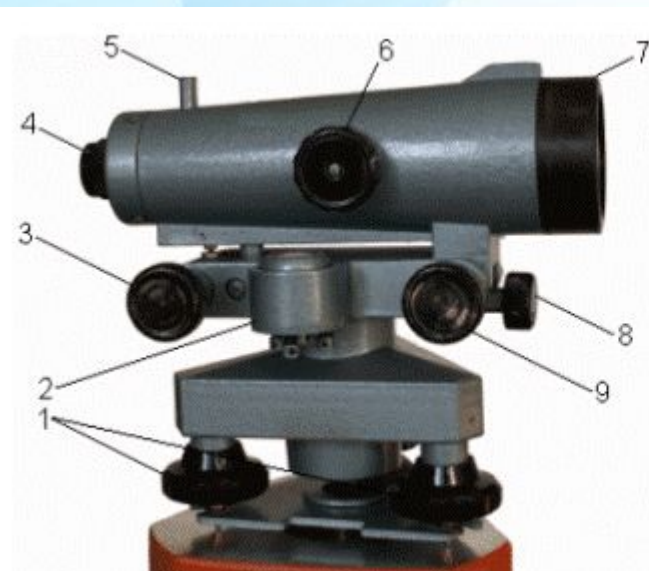
Основними частинами нівеліра є – зорова труба і з'єднаний з нею циліндричний рівень. Вони забезпечені елеваційним гвинтом, за допомогою якого обертаються в невеликому діапазоні навколо горизонтальної осі. Тим самим лінія візування приводиться в горизонтальне положення за бульбашкою цього рівня.

Для роботи нівелір встановлюють на штатив і закріплюють становим гвинтом. Круглий рівень служить для приведення осі обертання приладу в прямовисне положення піднімальними гвинтами, які опираються на головку штатива. Для наближеного наведення на рейку служить мушка. Точне наведення зорової труби виконується навідним гвинтом, при закріпленому затискному гвинті. Чітке зображення візирної сітки досягається обертанням окуляра, а чітке зображення рейки в полі зору труби за допомогою

Під **перевірками** розуміють дії, що контролюють забезпечення відповідних умов, які повинен задовольняти прилад для геометричного нівелювання.

*Перевірка круглого встановлюючого рівня.*

***Вісь круглого рівня повинна бути паралельна осі обертання нівеліра.***

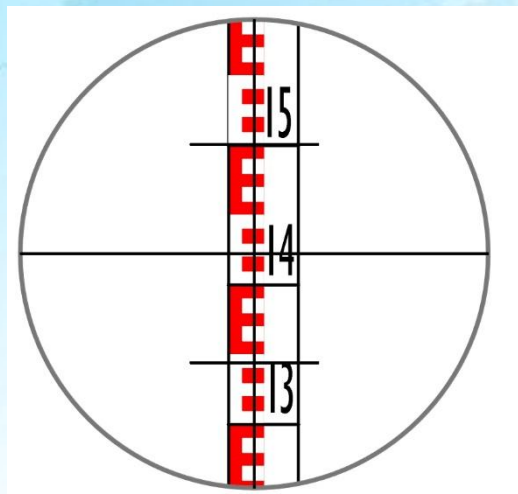


Для перевірки цієї умови за допомогою піднімальних гвинтів бульбашку круглого рівня виводять на середину і обертають нівелір на  $180^\circ$ . Якщо бульбашка залишилась на середині, то умова задовольняється, а якщо зійшла с середини, то виправними гвинтами виводять її в сторону нуля-пункта на половину її відхилення. Потім на другу половину відхилення виводять піднімальними гвинтами і перевірку повторюють.



## Перевірка правильності положення візирної сітки.

**Горизонтальний штрих візирної сітки повинен бути перпендикулярним до осі обертання нівеліра.**



При перевірці візують [зоровою трубою](#) на [рейку](#) і, обертаючи її, слідкують, чи змінюється відлік при переміщенні зображення рейки від одного краю поля зору труби до другого. Якщо відлік змінюється більше як на 1мм, то візирну сітку необхідно розвернути у відповідне положення. Для цього треба зняти окулярну кришку зорової труби і послабити гвинти, якими кріпиться пластина візирної сітки до корпусу труби. Для контролю перевірку повторюють. Після чого пластину візирної сітки закріплюють і прикріплюють окулярну кришку.

## Перевірка головної умови нівеліра.

**Вісь циліндричного рівня повинна бути паралельною візирній**



Перевірка виконується подвійним нівелюванням двох точок, закріплених кілочками на відстані 50-75м, на які встановлюють вертикально рейки.

При першому нівелюванні нівелір встановлюють в робоче положення на середину і беруть відліки з рейок  $a_1$  і  $b_1$ .

Якщо візирна вісь паралельна осі циліндричного рівня, тобто є горизонтальною, то відліки будуть  $a'_1$  і  $b'_1$ . При цьому перевищення буде правильним і дорівнюватиме  $h = a'_1 - b'_1$

Якщо ж головна умова не виконується, то відліки будуть спотворені нахилом візирної осі, тобто будемо мати відліки  $a_1$  і  $b_1$ , де

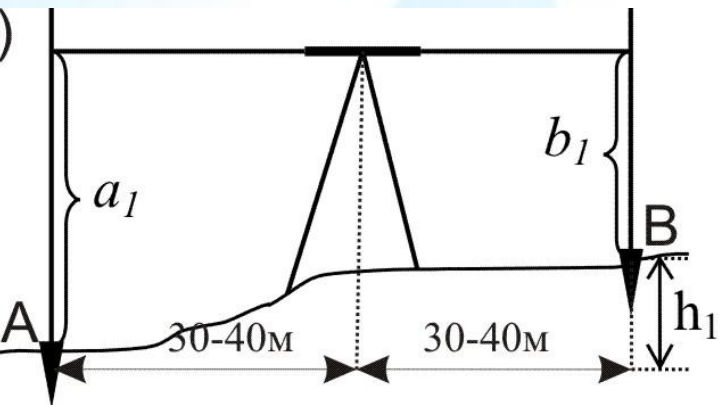
$$a_1 = a'_1 + \Delta a_1 \quad \text{і} \quad b_1 = b'_1 + \Delta b_1$$

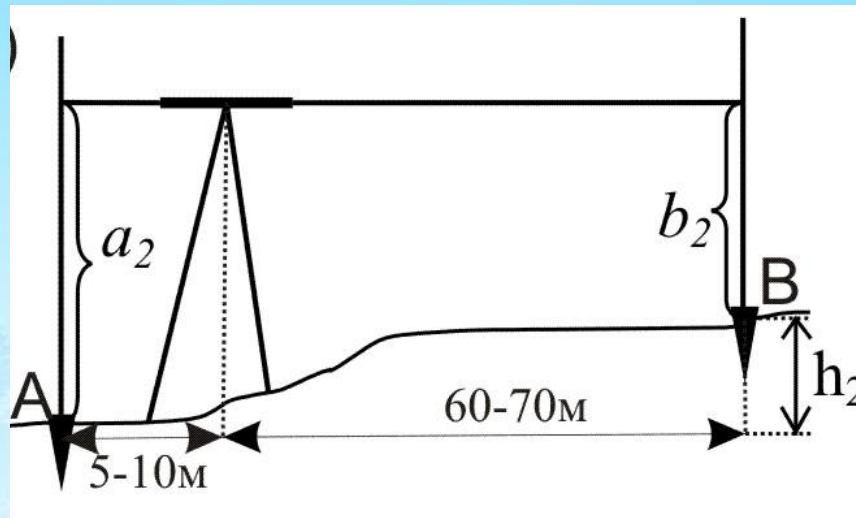
Але при різних відстанях від нівеліра до рейок величини  $\Delta a_1$  і  $\Delta b_1$  будуть рівними між собою, тому

$$h = a'_1 - b'_1 = (a'_1 + \Delta a_1) - (b'_1 + \Delta b_1) = a_1 -$$

$b_1$

В цьому випадку одержимо перевищення, яке також буде правильним.





Потім нівелір ставлять перед задньою рейкою на станції в 5-10м від точки А і знімають відліки  $a_2$  та  $b_2$  – з рейок і обчислюють відлік  $a'_2$ , який відповідає горизонтальному положенню візирної осі:

$$a'_2 = h + b_2$$

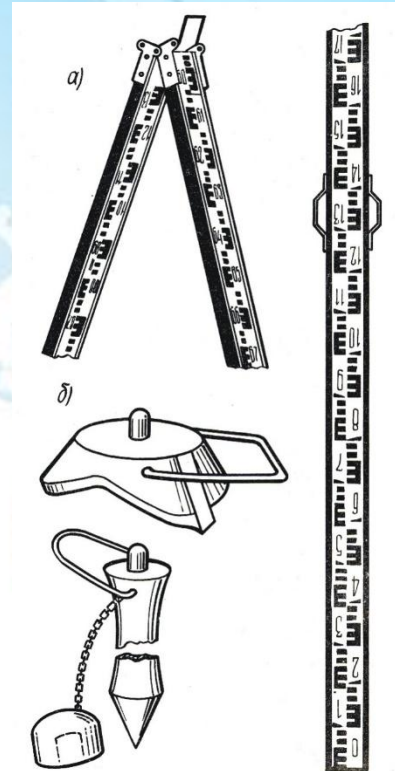
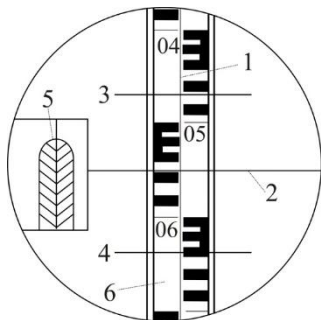
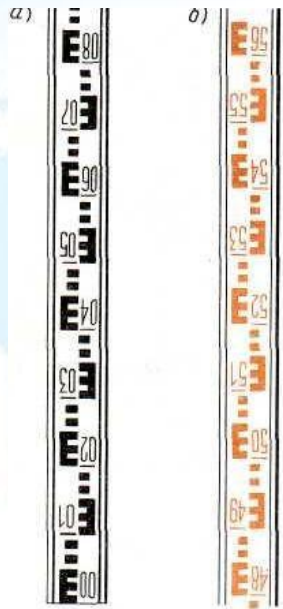
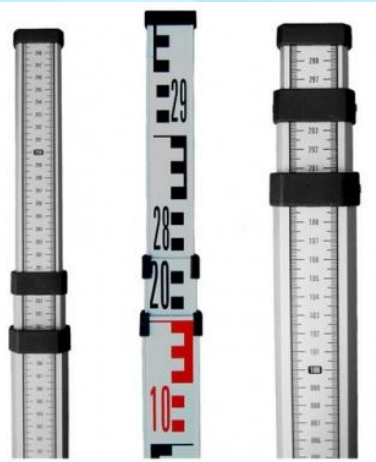
Різниця  $\Delta a_2 = a_2 - a'_2$  не повинна перевищувати  $\pm 4$  мм. Якщо  $\Delta a_2 > \pm 4$  мм, то умова паралельності осей не виконується.

Для виправлення порушеної головної умови елеваційним гвинтом наводять зорову трубу так, щоб середній штрих був на обчисленому вікліку  $a'_2$  і за допомогою виправних гвинтів циліндричного рівня виводять бульбашку на середину, з'єднуючи кінці бульбашки в полі зору труби та слідкуючи, щоб середній штрих не зійшов з відліку  $a'_2$ . Після виправлення перевірку повторюють.

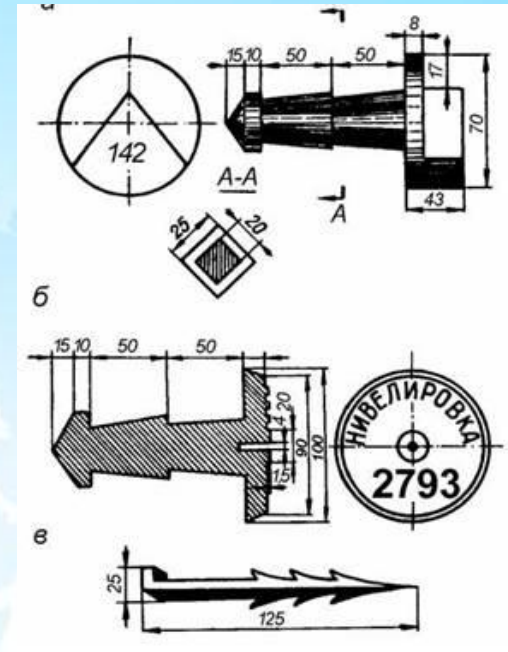
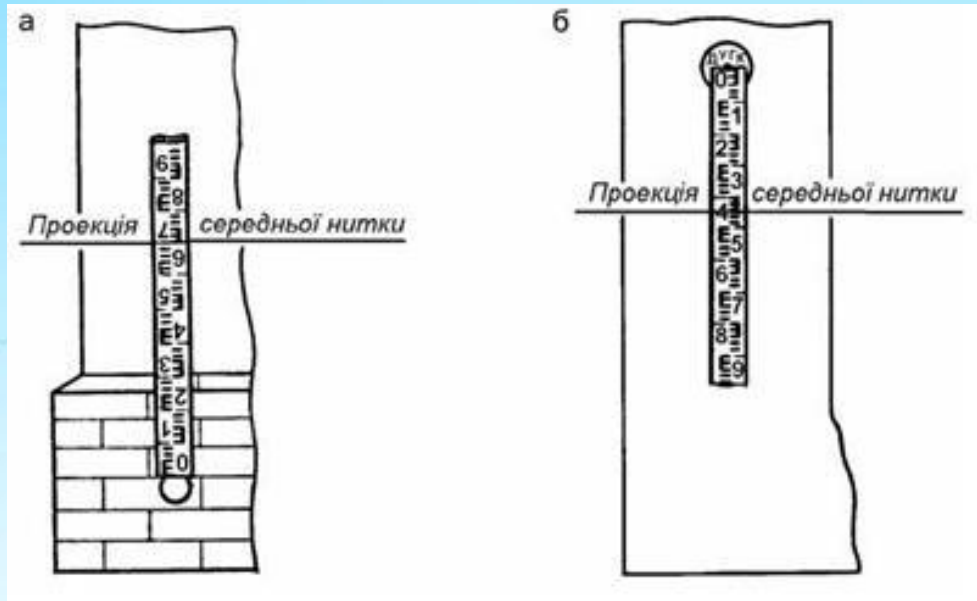
# Нівелірні рейки та їх дослідження.

До комплекту нівеліра входять дві рейки, які є вимірювальними приладами для визначення перевищень при нівелюванні. Їх виготовляють з сухої деревини. Рейки РН-3, РН-10 – двобічні, складні. Поділки зроблені у вигляді сантиметрових шашок чорно-білих на одному боці рейки і червоно-білих на другому. Для зручності відліку, перші п'ять поділок об'єднані і утворюють ніби символ

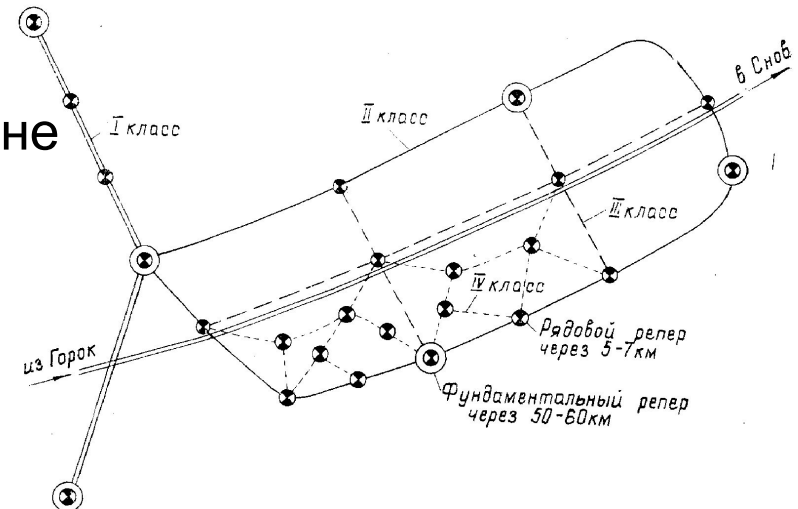
На чорних боках рейок нуль (початок шкали) співпадає з п'яткою рейки, а на червоних – з п'яткою співпадає інший відлік. „*П'ятка*” – це різниця відліків по *червоній* і *чорній* стороні (  $46880 \pm 3$ ;  $4780 \pm 3$ ). Таким чином, початок шкали на червоному боці рейки зміщений на визначену величину, наприклад, 4682, що дозволяє контролювати правильність відліку. Довжина рейок – 1,5; 3 та 4 метри



# Прив'язка нівелірних ходів до марок і реперів.



Нівелірний хід який прокладається, прив'язується до репера або марки (опорна висотна точка), для цього на полях журналу треба зробити детальне креслення-замальовку прив'язки з вказівкою місця установки рейки та розміщення проміня візування по відношенню до репера.



## Нівелювання IV класу.

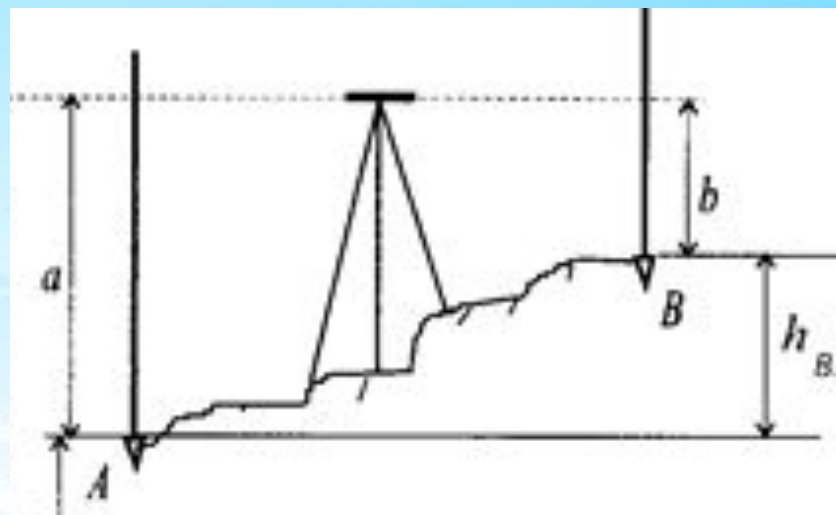
### Робота на станції:

- 1) береться відлік по чорній стороні задньої рейки;
- 2) по чорній стороні передньої рейки;
- 3) по червоній стороні передньої рейки;
- 4) по червоній стороні задньої рейки.

В замкненому ході теоретична сума перевищень дорівнює

$$\sum h_{\text{теор}} = 0$$

в розімкненому ході  $\sum h_{\text{теор}} = H_{\text{к}} - H_{\text{поч}}$



невязка буде дорівнювати практичній сумі перевищень ходу

$$f_n = \sum h_{\text{пр}}$$

в розімкненому ході  $f_n = \sum h_{\text{пр}} - (H_{\text{к}} - H_{\text{поч}})$

допустима похибка  
вимірювань

$$fh_{\text{дон}} = \pm 20 \text{ мм} \sqrt{L(\text{км})}$$

Висота точки визначається як:  $H_n = H_{n-1} + h_n$