

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет агротехнологій

Кафедра землеробства, геодезії та землеустрою

## **ТОПОГРАФІЯ**

### **Методичні рекомендації**

до виконання практичних робіт для здобувачів вищої освіти  
ступеня «бакалавр» спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій»  
денної форми навчання.

МИКОЛАЇВ  
2020

УДК 528.4  
Т58

Друкується за рішенням науково – методичної комісії факультету агротехнологій Миколаївського національного аграрного університету від 21.05.2016р. протокол №9

Укладач:

Ю. В. Задорожній – асистент кафедри землеробства, геодезії та землеустрою Миколаївський національний аграрний університет.

Рецензенти:

О. М. Дробітько – канд. с.–г. наук, директор ФГ «Олена» Братського району Миколаївської області;

О. А. Коваленко – канд. с.–г. наук, доцент, зав. кафедри рослинництва та садово-паркового господарства Миколаївський національний аграрний університет.

© Миколаївський національний  
аграрний університет, 2020

## ЗМІСТ

Вступ.....	4
<b>Практична робота 1. Нівелір і його будова.....</b>	<b>5</b>
1.1. Будова нівеліру	5
1.2. Повірки нівеліру	6
1.3. Повірки рейок	8
<b>Практична робота 2. Геометричне нівелювання. Нівелювання IV класу. Нівелювання поверхні.....</b>	<b>11</b>
2.1. Геометричне нівелювання	11
2.2. Нівелювання IV класу	14
2.3. Нівелювання поверхні	18
2.4. Метод горизонталей	18
2.5. Задачі, що вирішуються по плану	20
2.6. Використання геодезичних робіт в районах осушуваного та зрошуваного землеробства	24
<b>Практична робота 3. Мензульна зйомка</b>	<b>25</b>
3.1. Призначення мензули, будова її, дослідження і перевірки	27
3.2. Повірки мензули	28
3.3. Вилка для центрування	29
3.4. Призначення кіпрегеля, його будова, дослідження	30
3.5. Повірки кіпрегелей – автоматів	34
3.6. Бусоль та порівняння її з нормальною	36
3.7. Підготовка планшету і журналу до зйомки	39
3.8. Способи зйомки	40
3.9. Мензульні зйомні ходи	43
3.10. Зйомка ситуації та рельєфу місцевості	45
Список рекомендованої літератури	46

## ВСТУП

Топографія – наука про виміри, які проводять для визначення форми і розмірів землі та зображення її поверхні на площині.

У наш час без знань топографії неможливо ні збудувати гідроелектростанцію, ні запустити космічний корабель. Жодне будівництво – велике воно чи мале не обходиться без геодезії.

Результати топографічних робіт широко використовують при розвідувальних роботах, проектуванні та будівництві залізничних і автомобільних шляхів, тунелів, каналів. Широке застосування має геодезія у військовій справі.

Для сільськогосподарського виробництва створюють спеціальні і топографічні карти і плани як окремих землекористувачів, так і цілих районів, областей, країни. За цими картами і планами вирішують питання по відведенню земель приватним і фермерським господарствам, заводам та іншим землекористувачам; проектують поля сівозмін, шляхову мережу, проводять роботи по закладці полезахисних лісосмуг та ін.

Дані методичні рекомендації розроблені на основі робочої програми навчально – методичного комплексу з дисципліни “Топографія”, яка викладається на першому курсі спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій».

Згідно з робочою програмою в методичних рекомендаціях студентам є інформація про будову нівеліру НЗ для проведення геометричного нівелювання та для проведення робіт по нівелюванню IV класу і нівелюванню поверхні.

Рекомендації надають інформацію про будову мензули, кіпрегеля – автомата та їх перевірки для проведення мензульної зйомки.

## Практична робота №1

### Нівелір і його будова

- Завдання:* 1. Ознайомитися з будовою нівеліра НЗ.  
2. Навчитися проводити повірки нівеліра.  
3. Навчитися проводити повірки рейок.

#### *Хід роботи*

*Геодезичні роботи*, в результаті котрих визначаються перевищення – різницю висот точок місцевості, називається нівелюванням. Нівелювання виконується за допомогою приладів, які називаються нівелірами.

#### 1.1.Будова нівеліру.

Для виконання нівелювання IV класу використовують нівелір НЗ(мал.1).

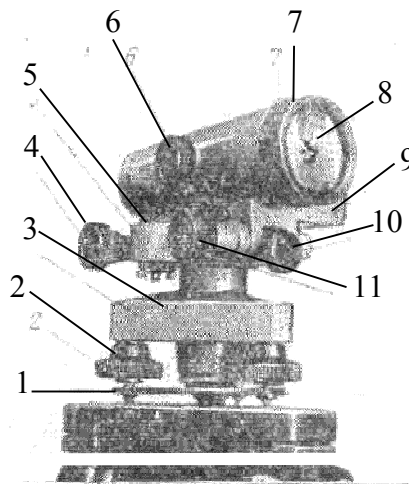


Рис. 1. Будова нівеліра НЗ:

1 – пластинчаста пружина; 2 – під'ємний гвинт; 3 – підставка; 4 – елеваційний гвинт; 5 – круглий рівень; 6 – кремальєра фокусування зображення; 7 – грубий приціл; 8 - об'єктив; 9 – корпус контактного циліндричного рівня; 10 – закріплюючий гвинт; 11 – мікрогвинт труби.

Розглянемо його схему(мал.2). Підставка 3 жорстко з'єднана з пластинчатою пружиною 1 і має 3 під'ємні гвинта 2. Нівелір споряджений контактним рівнем 5, що має призменну систему 6, виправні гвинти котрого закриті захисною кришкою 11.

Зорова труба встановлюється у втулку 4, що має об'єктив 7, фокусуючу лінзу 8, сітку ниток 9 та окуляр 10.

Для точної роботи приладу необхідно провести його перевірки.

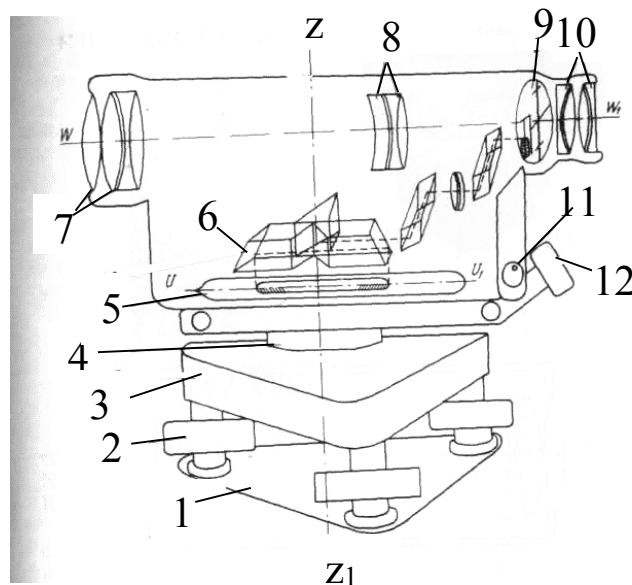


Рис. 2. Схематична будова нівеліра НЗ:

- 1 – пластинчаста пружина; 2 – під'ємний гвинт; 3 – підставка;  
4 – втулка; 5 – контактний рівень; 6 – призматична система;  
7 – об'єктив; 8 – фокусуюча лінза; 9 – сітка ниток; 10 – окуляр;  
11 – юстировочний гвинт; 12 – елевацийний гвинт.

## 1.2.Повірки нівеліру.

1. *Повірка паралельності осі круглого рівня і осі обертання приладу.*

Для виконання цієї перевірки необхідно привести бульку круглого рівня на середину, повернути корпус нівеліру на  $180^\circ$ . При відхиленні бульки більш ніж на  $1/4$  поділки роблять юстування: виправними гвинтами рівня рухають бульку до центру ампули рівня на половину дуги відхилення. Повірку повторюють до тих пір, поки булька не буде відхилятися більш ніж на  $0,1-0,2$  поділки.

2. *Горизонтальна нитка сітки повинна бути перпендикулярна до вертикальної осі обертання нівеліру.*

Для проведення цієї перевірки приводять вісь обертання нівеліру у вискове положення. Встановлюють в 20–50м від приладу нівелірну рейку і наводять на неї візирну трубу спочатку лівим, а потім правим краєм поля зору беручи відлік по горизонтальній нитці сітки. Для

нівелірів з контактним рівнем слідкують, щоб булька знаходилася в контакті. Горизонтальна нитка рахується встановленою правильно, якщо різниця відліків не перевищує 1мм. При наявності перекосу сітки проводять поворот еліптичних канавок для юстировочних гвинтів.

3. Візирний промінь нівеліра в робочому стані повинен бути горизонтальним.

На рівній площадці закріплюють дві точки **A** і **B** на відстані 50 – 75м і в них встановлюють рейки (рис.3). Нівелір встановлюють на відстані 3–5м від точки **A**. Приводять бульку рівня в нуль пункті беруть відліки  $a_1$  і  $b_1$  по рейкам. Якщо візирний промінь горизонтальний (таке положення показане пунктиром), то різниця відліків була б перевищенням **h**.

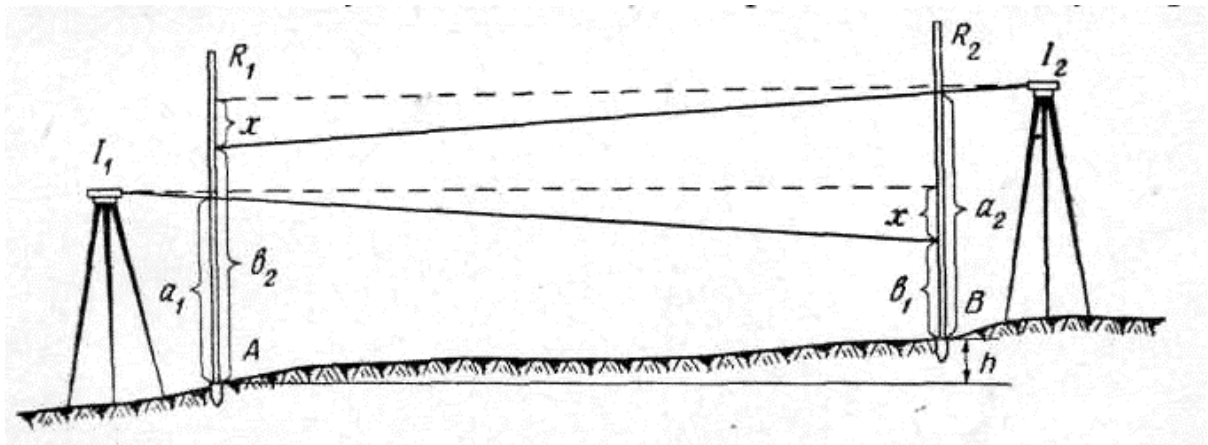


Рис. 3. Перевірка горизонтальності візирного променя

Але внаслідок непаралельності візирного променя і осі циліндричного рівня візирний промінь негоризонтальний і відлік в цьому положенні (рис.3) зменшений на величину **x**, відповідно:

$$h = a_1 - (b_1 + x),$$

де **h** – перевищення точки **B** над точкою **A**, мм;

$a_1$  – відлік по рейці встановленій в точці **A**, мм;

$b_1$  – відлік по рейці встановленій в точці **B**, мм;

**x** – величина за непаралельність візирного променя та осі циліндричного рівня, мм.

Величина **x** нам поки що невідома. Відлік  $a_1$  також спотворений на величину, котра значно менша **x**, тому ми її не враховуємо.

Перенесемо нівелір на станцію  $I_2$ , розташовану від точки  $B$  на відстані 3–5 м і візьмемо відліки  $a_2$  і  $b_2$ . Тут візирний промінь займе таке ж положення, як і на  $I_1$  тому обернене перевищення знайдемо по формулі

$$h = (b_2 + x) - a_2,$$

де  $b_2$  – відлік по рейці встановленій в точці  $A$ , мм;

$a_2$  – відлік по рейці встановленій в точці  $B$ , мм;

$x$  – величина за непаралельність візирного променя та осі циліндричного рівня, мм;

Прирівнявши ці вирази:

$$a_1 - (b_1 - x) = (b_2 + x) - a_2,$$

і вирішивши відносно  $x$ , знайдемо:

$$x = \frac{a_1 + a_2}{2} - \frac{b_1 + b_2}{2}.$$

Якщо  $x \leq 4$  мм, умова виконана.

Після юстировки перевірку повторюють, для підтвердження виконання умови.

### 1.3.Повірки рейок.

1. Вісь круглого рівня, закріпленого на рейці, повинна бути паралельна осі рейки.

Для перевірки цієї умови встановлюють і переводять в робочий стан перевірений нівелір. В 50–60 м від нього ставлять рейку на ретельно вбитий костиль (рис. 4), башмак або дерев'яний кілок з рівно спиляною голівкою. Наводять зорову трубу нівеліра на вертикально встановлену рейку. Одне ребро рейки повинне співпадати з вертикальною ниткою сітки візирної труби нівеліра. При цьому якщо булька круглого рівня буде знаходитися в центрі ампули, то умова рахується практично виконаною. Якщо ж булька відхилиться від середини ампули, то зберігаючи суміщення ребра рейки з вертикальною ниткою сітки, виправними гвинтами виводять бульку на середину ампули.

Далі, по команді спостерігача реєчник обертає рейку на  $90^\circ$  і суміщає інше ребро рейки з вертикальною сіткою нитки.

Якщо булька опиниться в центрі ампули, то умова буде виконана; в іншому випадку виправним гвинтом при рівні бульку встановлюють в центрі ампули.



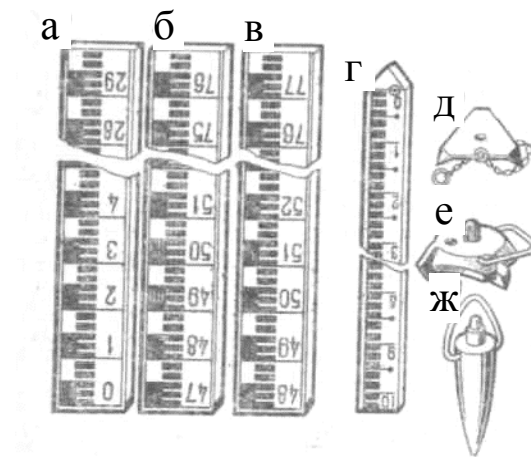


Рис. 4. Нівелірні рейки, башмаки, костилі: а – чорна сторона; б і в – червоні сторони; г – підвісна рейка; д і е – башмаки; ж – костиль

Так повторюють перевірку до тих пір, поки булька в обох положеннях рейки буде знаходитися на середині. Перевірку круглого рівня проводять кожного дня за тим, щоб не порушувати умову.

## *2. Визначення різниці висот нулів червоних та чорних сторін рейок.*

Визначення проводять чотирма прийомами. Встановлюють нівелір і ретельно приводять його в робочий стан. На відстані 20–30м від нього костиллями, башмаками закріплюють чотири точки. Послідовно встановлюють рейку яку досліджують на ці точки, наводять на рейку візирну трубу нівеліра, виводять бульку циліндричного рівня на середину ампули і беруть парні відліки по чорній та червоній сторонам рейки. З відліків по червоній стороні віднімають відповідні відліки по чорній стороні і одержують шукані різниці висот нулів рейок.

Якщо відхилення між одержаними різницями в прийомах не перевищує 4 мм, то за кінцеву різницю висот нулів приймають середнє арифметичне з усіх чотирьох. В протилежному випадку повторюють визначення різниці висот нулів червоних і чорних сторін рейок (табл. 1)

Таблиця 1.

## Визначення різниці висот нулів

Номер прийому	Відлік по рейці, мм		Різниця відліків (к) – (ч), мм	Середнє значення, мм
	Чорна сторона(ч)	Червона сторона (к)		
1	952	5738	4786	4787
2	741	5529	4788	
3	542	5330	4788	
4	894	5681	4787	

3. *Визначення середньої довжини одного метра на рейках і визначення похибок дециметрових поділок рейок.*

Визначення середньої довжини одного метра пари рейок проводять на початку, середині та кінці польових робіт. Визначення похибок дециметрових поділок рейок проводять тільки на початку польових робіт.

*Визначення середньої довжини одного метра на рейках і дециметрових поділок на них називається компаруванням, або дослідженням рейок.* Компарування проводять порівнянням рейки яку перевіряємо з відповідними довжинами нормального штрихового метра, величина котрого повинна бути відомою. Для компарування кожну рейку, яку досліджують кладуть на горизонтальну площину, так щоб кінці і середина її не провисали. Накладають штриховий метр на рейку, суміщаючи нульовий штрих його скошеної сторони з початковим штрихом інтервалу рейки. На кінцях цього інтервалу по скошеній стороні штрихового метра через лупу беруть відліки з точністю до 0,02 мм. Результати дослідження оброблюють з врахуванням температури компарування розраховують середню довжину одного метра рейки, довжини дециметрових поділок та їх похибки.

## Практична робота №2

### Геометричне нівелювання. Нівелювання IV класу.

### Нівелювання поверхні

*Завдання:* 1. Навчитися виконувати геометричне нівелювання способами вперед та з середини.

2. Виконати геометричне нівелювання IV класу.

3. Виконати геометричне нівелювання поверхні.

### *Хід роботи*

#### 2.1. Геометричне нівелювання.

Геометричним називають нівелювання, при котрому перевищення точок місцевості вимірюють за допомогою горизонтального візирного променя. Розрізняють два способа геометричного нівелювання: із середини та вперед.

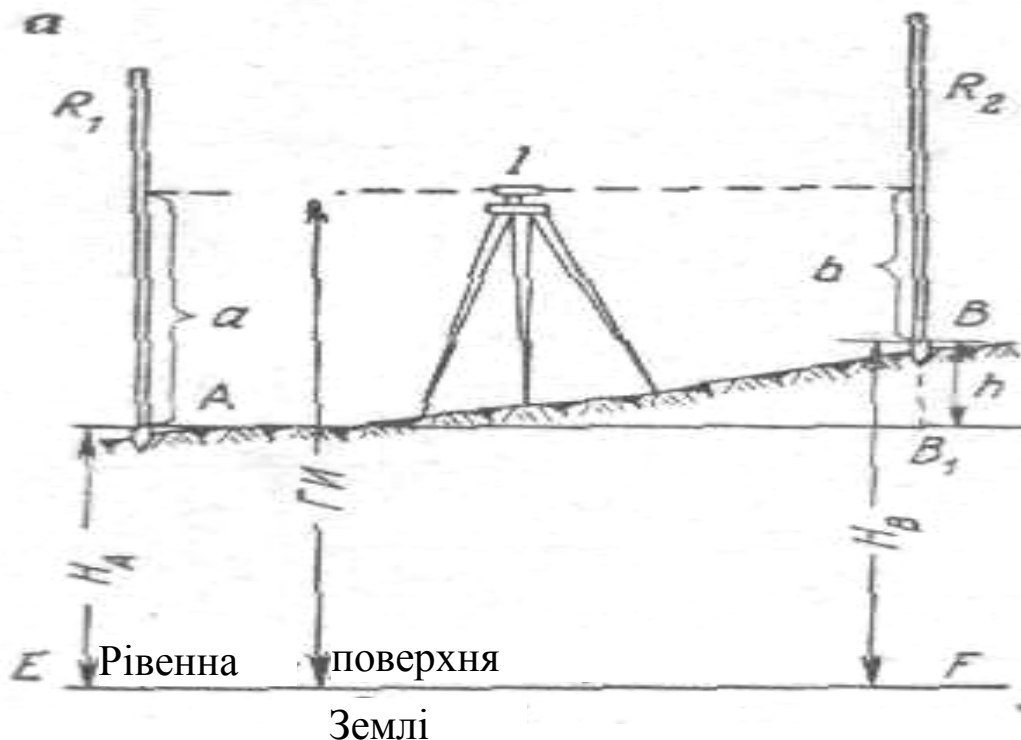


Рис. 5. Нівелювання із середини

Наводячи послідовно нівелір на рейки і беручи відліки ***a*** і ***b*** знаходимо, що:

$$h = a - b,$$

де  $a$  – відлік по задній рейці, мм;

$b$  – відлік по передній рейці, мм.

Словами кажучи *перевищення дорівнює різниці відліків по задній та передній рейкам.*

Для геометричного нівелювання вперед (рис.6) нівелір встановлюють на задній точці **A**, а на передній точці **B** встановлюють рейку **R**.

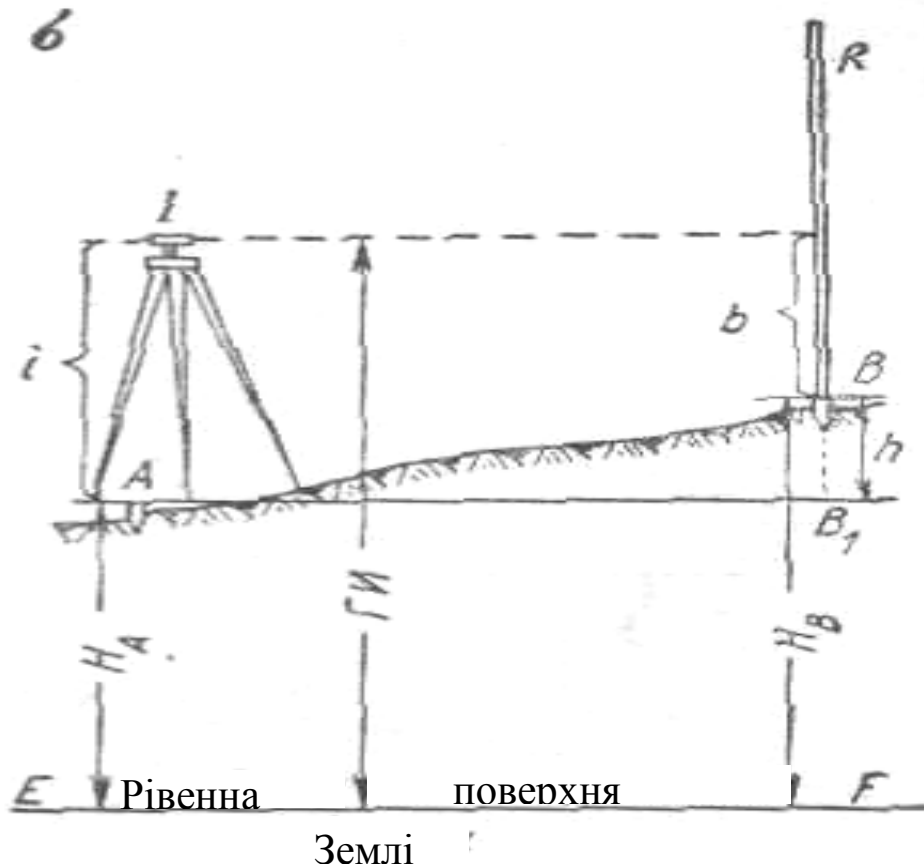


Рис. 6. Нівелювання вперед

Вимірявши за допомогою рулетки або рейки висоту нівеліра  $i$  – відстань від центра окуляра до точки **A** – і роблячи відлік по рейці  $b$ , знайдемо:

$$h = i - b,$$

де  $i$  – висота приладу, мм;

$b$  – відлік по передній рейці, мм.

Знаючи відмітку задньої точки  $H_A$ , відмітку передньої точки можна вирахувати двома способами:

1) через перевищення:

$$H_B = H_A + h,$$

де  $H_B$  – відмітка задньої точки, м;

$H_A$  – відмітка передньої точки, м;

$h$  – перевищення, м;

2) через горизонт приладу

$$\Gamma I = H_A + a;$$

де  $\Gamma I$  – висота візирного променя (горизонт приладу), м;

$H_A$  – відмітка точки на якій встановлена рейка, м;

$a$  – відлік по рейці яка встановлена рейка, м;

*Горизонт інструмента на даній станції дорівнює відмітці точки плюс відлік по рейці, встановлений в цій точці, або відмітці точки плюс висота інструмента над цією точкою.*

$$\Gamma I = H_A + i;$$

де  $\Gamma I$  – висота візирного променя (горизонт приладу), м;

$H_A$  – відмітка точки на якій встановлений прилад, м;

$i$  – висота приладу, м.

Знаючи горизонт інструмента, одержимо відмітку точки

$$H_B = \Gamma I - b;$$

де  $H_B$  – відмітка точки на якій встановлена рейка, м;

$\Gamma I$  – висота візирного променя (горизонт приладу), м;

$b$  – відлік по рейці, м.

Нівелювання з однією постановкою інструменту (станцією) називається *простим*. Між точками, які віддалені на значні відстані одна від одної, проводять нівелювання через декілька станцій, і тоді його називають *складним*.

В процесі складного нівелювання точки, загальні для двох суміжних станцій, називаються зв'язними, а останні – проміжними (рис.7). Необхідно бути особливо уважним при нівелюванні зв'язних точок, т.я. похибка, яка вкрадається при цьому, входить у відмітки послідовних точок. Перевищення на кожній

станції дорівнює різниці відліків по рейкам на зв'язних точках цієї станції:

$$h_1 = a_1 - b_1$$

$$h_2 = a_2 - b_2$$

$$h_3 = a_3 - b_3$$

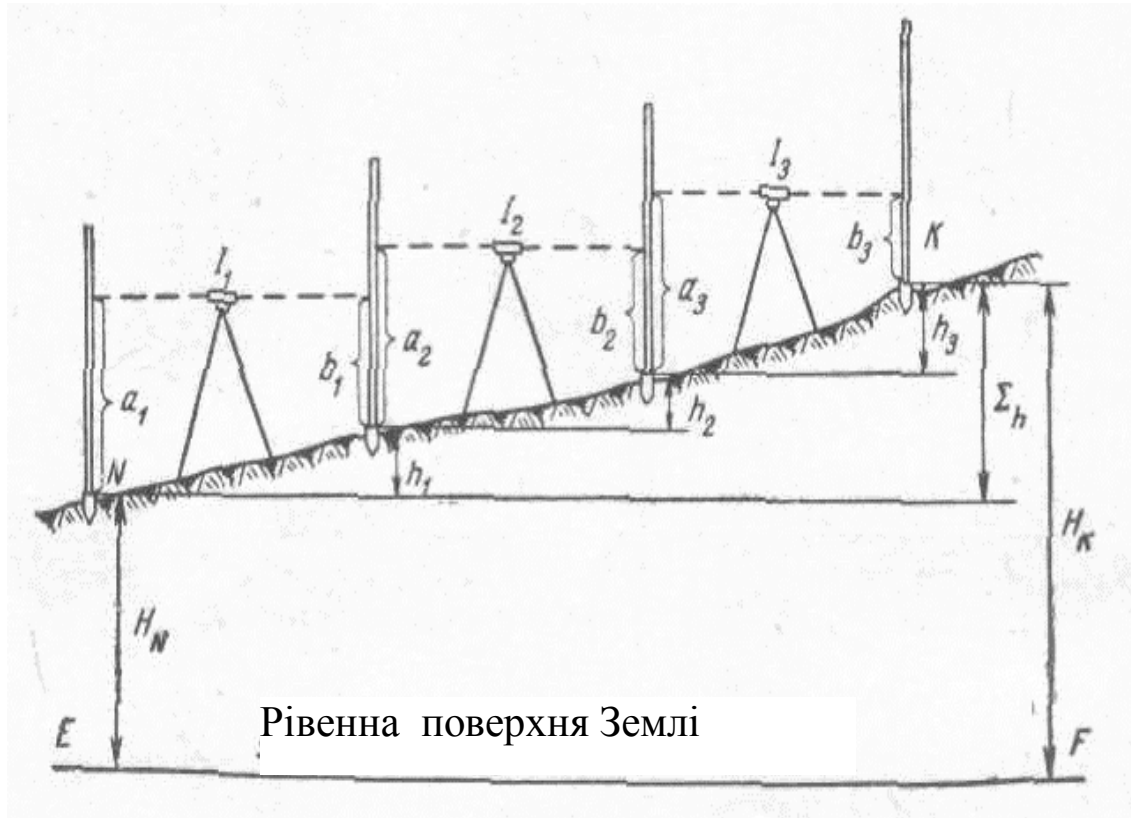


Рис. 7. Складне нівелювання

Якщо скласти праві та ліві частини цих рівнянь, одержимо:

$$\Sigma h = \Sigma a - \Sigma b$$

яке зазвичай використовують для контролю розрахунків.

## 2.2. Нівелювання IV класу.

Відмітки точок, які визначаються при нівелюванні IV класу, служать висотним обґрунтуванням топографічних зйомок та інженерних робіт. Нівелірні ходи IV класу можуть бути замкненими, або прокладеними між реперами та марками, та висячі. Нівелювання складається з польових та камеральних робіт.

Під час польових робіт виконують такі операції:

1) нівелювання, як правило, проводять способом із середини;

- 2) нівелір встановлюють між двома рейками на рівних від них відстанях;
- 3) відстань від нівеліра до рейок вимірюють тонким стальним тросом або кроками;
- 4) візирний промінь на кожен рейку не повинен проходити нижче 20 см над землею;
- 5) на кожній станції нівелір перед відліками приводять в робочий стан, а рейки встановлюють у вискове положення по рівню на забиті в землю дерев'яні кілки з рівно спиляними голівками.

Приклад заповнення журналу нівелювання наведено в таблиці 2.

На кожній станції роботу проводять в такому порядку:

- 1) візують на задню рейку і, приводячи елеваційним або під'ємним гвинтом, розташованим в створі візирного променя, бульку циліндричного рівня приводять на середину, роблять відлік по верхній (0412), а потім по середній нитці сітки (0732) по чорній стороні рейки і записують в графу 3.
- 2) візують на передню рейку роблять відлік по верхній (1720) і середній ниткам (2043) по чорній стороні рейки і записують в графу 4.
- 3) візують на передню рейку і роблять відлік і по її червоній стороні роблять відлік по середній нитці (6730);
- 4) візують на задню рейку і таким же чином беруть відлік по червоній стороні (5519).

Відіки по червоним сторонам рейок, називають контрольними і записують третьою строчкою в графах 3 і 4.

Далі розраховують :

- 1) відстані (плечі), визначені по далекомірним ниткам до задньої (320) та передньої (323) рейок графа 2
- 2) різниці між відліками по середнім ниткам з обох сторін рейок – для задньої (4787) і передньої (4687) точок – і записують їх четвертою строчкою в графах 3 і 4
- 3) перевищення як різниці відліків по середнім ниткам на задню та передню рейки, зроблені по їх чорним сторонам – для точок 1 і R<sub>131</sub> (графа 5)  $h=0732-2043=-1311$  мм. Знак мінус перед перевищенням вказує, що точка 1 знаходиться нижче R<sub>131</sub>; із відліку по червоній стороні задньої рейки (5519) віднімають відлік по червоній стороні

Журнал нівелювання IV класу

Спостерігав І.І. Петров

Початок 8 год. 20 хв.

Кінець 9 год. 30 хв.

Погода хмарна, слабкий вітер.

Номер станції	Далекомірні відстані до задньої та передньої рейок	Відліки по рейках, мм		Перевіщення, мм	Середнє перевищення, мм	Примітки
Номер пікета		задньої	передньої			
1	2 320	3 0412 0732	4 1720 2043	5 -1311	6 -1311	7 1.R <sub>131</sub> - стін-ний репер №131
1	323	5519	6730	-1211		
R <sub>131</sub> -1	-3/0 251	4787 1268	4687 1119	- 100		2.Різниця нулів на червоних сторонах рейок дорівнює 100
2	250	1519	1369	+150	+ 150	
1—2	+1/-2	6206 4687	6156 4787	+ 50 + 100		
		0918	0592			
3	272	1190	0866	+ 324	+ 325	
2—3	274	5977	5551	+ 426		
	-2/-4	4787	4685	- 102		
4						
3—4	119 114 +5/-1	2901 3020 7707 4687	0431 0545 5334 4789	+2475 +2373 +102	+2474	
L=0,38 км		31870 28594 3276	28594	+3276	+1638	



передньої рейки (6730), тобто  $5519 - 6730 = -1211$ . До одержаного результату плюсують різницю п'яток червоних сторін (-100) і одержують розраховане перевищення по чорній стороні рейки:  $-1211 + (-100) = -1311$ . Різниця між двома розрахованими перевищеннями по відлікам, зробленим по чорним та червоним сторонам рейок, не повинно перевищувати  $\pm 5$  мм. Впевнившись в правильності розрахунків і допустимості розбіжностей перевищеннях, переходять на наступну станцію ходу; задній реєчник переносить рейку на наступну точку. Тепер задній реєчник стає переднім. Передній реєчник першої станції стає заднім для другої станції. Свою рейку він не знімає, а повертає чорною стороною до нівеліру.

На другій станції роботу повторюють в тій же послідовності, що і на першій станції.

При нівелюванні IV класу необхідно окрім зв'язних точок нівелювати поблизу розташованих проміжних точок: вершини курганів, зрізи води в водосховищах, виходи джерел і т.д.

Для контролю нівелювання IV класу розраховують невязки  $\Delta h$  для зімкнутого ходу

$$\Delta h = \sum h ;$$

Для нівелювання IV класу невязка  $\Delta h$  рахується допустимою, якщо:

$$\Delta h \leq \pm(20\sqrt{L});$$

L – довжина ходу км.

Обробіток результатів нівелювання проводять в такому порядку:

1. Розраховують з урахуванням нерівності нулів на червоних сторонах рейок середні перевищення, одержані по чорним та червоним сторонам рейок (граф 6 табл.2);
2. Сумують всі відліки по рейкам, проведених по середнім ниткам, які записані в графах 3 і 4, і всі перевищення, записані в графах 5 і 6; одержані суми підписують у відповідності граф журналів;
3. із суми всіх задніх відліків віднімають суму всіх передніх відліків; одержаний результат повинен дорівнювати сумі, яка підписана під графою 5; ця ж різниця повинна бути в два рази більше алгебраїчної суми всіх перевищень (граф 6 табл. 2);
4. перевищення кінцевої точки ходу над початковою дорівнює алгебраїчній сумі всіх перевищень ходу.

### **2.3. Нівелювання поверхні**

Під рельєфом місцевості розуміють сукупність нерівностей земної поверхні. Зображення рельєфу місцевості на картах і планах наштовхується на складнощі які витікають із того, що рельєф це просторовий об'єкт, а його треба зображати на площині. Для зображення рельєфу на планах та картах використовують умовні позначки, котрі дають уявлення про форму рельєфу земної поверхні.

Рельєф місцевості на плані можна відтворити написами відміток характерних точок. При великій кількості цих написів по ним можна характеризувати форму рельєфу та крутизну схилів, однак при цьому велика кількість написів робить план тяжкочитаним і не дає наочного уявлення про рельєф.

Наявне уявлення про форму рельєфу і крутизну схилів дає спосіб штрихів, котрі наносять паралельно схилу по принципу чим крутіший схил тим товще штрих. Недоліком цього способу є те, що по плану зі штрихами незручно визначати перевищення між точками земної поверхні.

Наочність рельєфу можна зобразити за допомогою відмивки, тобто забарвлення схилів краскою по принципу: чим крутіший схил, тим менший тон забарвлення. Цей спосіб також не дає уявлення про перевищення між точками рельєфу.

Найбільш поширеним, який задовольняє всім названим вище вимогам, це спосіб зображення рельєфу на планах та картах за допомогою горизонталей.

### **2.4. Метод горизонталей.**

Як було сказано вище, на сучасних картах і планах рельєф зображується горизонталями.

*Горизонталлю називається слід, який одержують від перетину земної поверхні рівенною поверхнею, і відповідно горизонталь є замкнутою кривою лінією, що зображує геометричне місце точок земної поверхні з однаковими висотами.*

При зображенні рельєфу місцевості горизонталями встановлюють, що рівенні поверхні, які перетинають земну поверхню, віддалені одна від одної на однакову відстань, яка називається *висотою перетину* рельєфу. Відстань між горизонталями на плані s називається *закладенням*.

*Властивості горизонталей.* Із визначення горизонталей випливають їх властивості:

1. горизонталі – це замкнуті криві;
2. чим менша відстань між горизонталями на плані або карті даного масштабу, тим крутіший схил на місцевості.

В залежності від масштабу плану або карти і характеру рельєфу висоти перетинів можуть бути різними. Горизонталі не дають наочного просторового уявлення про рельєф місцевості. Для визначення напрямків схилів по деяким горизонталям проводять короткі риски в напрямку схилів які називаються *бергштрихами*. Написи на горизонталях вказують на їх відмітки і робляться таким чином, щоб основи цифр були направлені в сторону зниження місцевості.

Нівелювання невеликих ділянок рівнинної місцевості проводять з метою одержання топографічних планів крупних масштабів на основі мережі квадратів.

Для одержання плану необхідно виконати слідуєчий комплекс польових та камеральних робіт: провести рекогносцировку місцевості; побудувати на місцевості мережу квадратів; визначити планове положення вершин квадратів і характерних точок; провести зйомку ситуації; виконати геометричне нівелювання ділянки і прив'язку його до репера; провести обробіток результатів нівелювання; скласти план нівелювання.

При рекогносцировці місцевості уточнюють межі ділянки нівелювання, характер рельєфу, схему побудови мережі квадратів, а також довжину сторін квадратів. Довжини сторін квадратів зазвичай приймають рівними 10, 20, 40 м для масштабів 1:1000, 1:2000, 1:5000 відповідно.

В процесі рекогносцировки вибирають репер або марку, від котрих зручніше всього передати відмітку на ділянку. У випадку відсутності репера поблизу ділянки необхідно закласти тимчасовий репер.

Вздовж великої сторони вибраної ділянки провішують лінію АВ таким чином, щоб вона вміщувала цілу кількість відрізків, що в сумі дорівнює довжині  $l$  сторони квадрата.

Далі в початковій і кінцевій точках А і В встановлюють послідовно теодоліт(рис.8), будують прямі кути і на одержаних напрямках AD і BC відкладають рівну кількість  $l$  – метрових відрізків, кінці котрих позначають 1,2, ... n. Далі вимірюють відрізок CD і , якщо довжина його не відрізняється від початкового АВ не

більше ніж на відносну похибку яка дорівнює 1: 2000 і на ньому також відкладають  $l$  – метрових відрізки.

Користуючись віхами, виставленими послідовно в точках 2,3 і .д. на сторонах AD і BC, проводять розбивку вершин квадратів в прямокутнику ABCD.

В окремих випадках ці внутрішні вершини не закріплюють, а розбивають безпосередньо в процесі нівелювання . Для цього стрічку або спеціальний трос вкладають послідовно в створах 2–2, 3–3 і т.д., після чого рейки ставлять на марки або на відповідні риски стрічки. Рядом з кожним кілком, які позначають кути квадратів і забитими

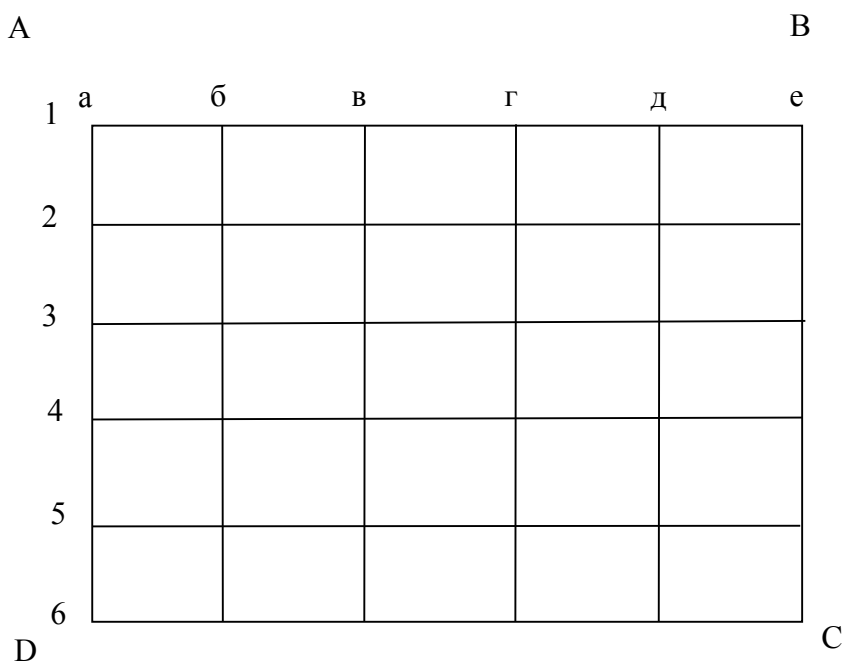


Рис. 8. Нівелювання поверхні

врівень з земною поверхнею, встановлюють сторожок, на котрому підписують номер вершини.

Одночасно з побудовою мережі проводять зйомку ситуації по методу створів і перпендикулярів, а також установку проміжних точок (по сторонам квадратів а також і в них), якщо цього потребує характер рельєфу. Всі данні розбивки і зйомки заносять на польову схему квадратів, а після цього будують план.

## 2.5.Задачі, що вирішуються по плану.

На плані з горизонталями можна вирішувати цілий ряд задач: визначення абсолютних висот і взаємного перевищення точок

місцевості; визначення напрямку і крутизни схилів; проведення лінії заданого нахилу; побудова повздовжнього профілю місцевості.

*Визначення абсолютних висот і взаємного перевищення точок місцевості.*

Якщо необхідно по плану визначити абсолютну висоту якої небудь точки місцевості, відмітка котрої не підписана, то визначення висоти цієї точки проводиться від найближчої до неї горизонталі (рис.9). Якщо відмітка цієї горизонталі також не підписана на плані, то її визначають, користуючись відмітками інших горизонталей або точок, підписаних на карті або плані.

Якщо точка розташована на горизонталі, то її абсолютна висота дорівнює відмітці цієї горизонталі. Відмітку горизонталі можна визначити, користуючись відмітками інших горизонталей або точок, підписаних на карті або плані, враховуючи, відмітки суцільних горизонталей завжди кратні висоті перетину.

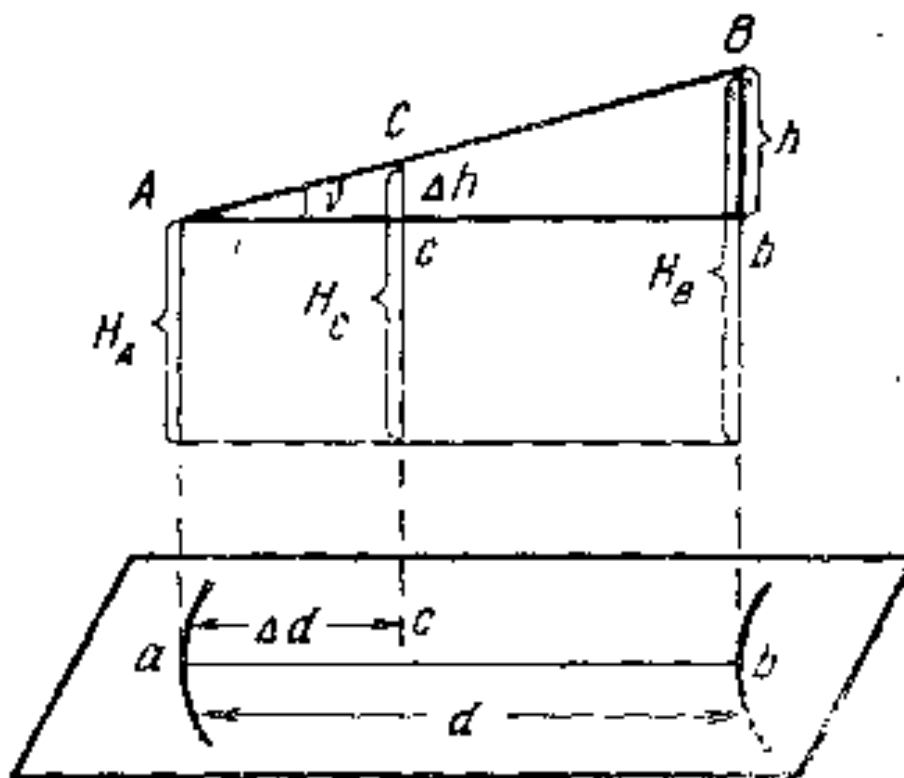


Рис. 9. Визначення висоти відмітки точки

Якщо ж точка яка визначається знаходиться між двома горизонталями, то необхідно визначити висоту найближчої до неї нижньої горизонталі і додати до цієї величини перевищення даної точки над горизонталлю.

Це видно з малюнка 9, на котрому точка **с** розташована на карті між двома горизонталями з відмітками **Н<sub>А</sub>** і **Н<sub>В</sub>** висота між котрими дорівнює **h**.

Закладення проведене через точку **с**, перетне ці горизонталі відповідно в точках **а** і **б**, яким на місцевості будуть відповідати точки **А** і **В**.

Вимірявши відрізки  $ac = \Delta d$  і  $ab = d$  і знаючи, що трикутник **АСс** є подібним трикутнику **АВb**, знайдемо:

$$\Delta h = \frac{\Delta d}{d} h \text{ і } H_c = H_A + \Delta h.$$

*Визначення напрямку та крутизни схилів.*

Напрямок схилу називається напрямком його найбільшої крутизни, що проходить через задану точку на схилі.

Для визначення напрямку схилу в довільній точці, яка знаходиться між горизонталями, необхідно провести через неї пряму або криву лінію, яка перетинає під прямим кутом найближчі в дві сторони від цієї точки горизонталі.

*Крутизна схилу* визначається по ступеню наближення між собою горизонталей. Розглянемо залежність між закладенням, крутизною схилу і висотою перетину.

З трикутника **АВb** знаходимо, що нахил  $i$  дорівнює:

$$i = \operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{d};$$

Ця формула лежить в основі всіх визначення крутизни схилів по горизонталям.

1. Масштаб закладень для кутів нахилу.

*Масштабом закладень для кутів нахилу* називається спеціальний графік, який розміщується на всіх топографічних картах поряд з лінійним масштабом, за допомогою котрого визначають кути нахилу в градусах. За допомогою *масштабу закладень для нахилів* визначають нахили ліній в тисячних (рис.10).

Для побудови масштабів схилів (кутів нахилу і нахилів) на горизонтальній або вертикальній лініях відкладають довільні (переважно рівні відрізки) і проти їх кінців підписують значення нахилів в градусах або тисячних.

Через одержані точки проводять перпендикуляри, на котрих відкладають закладення, які розраховуються за формулою:

для масштабу нахилів

$$d = \frac{h}{i};$$

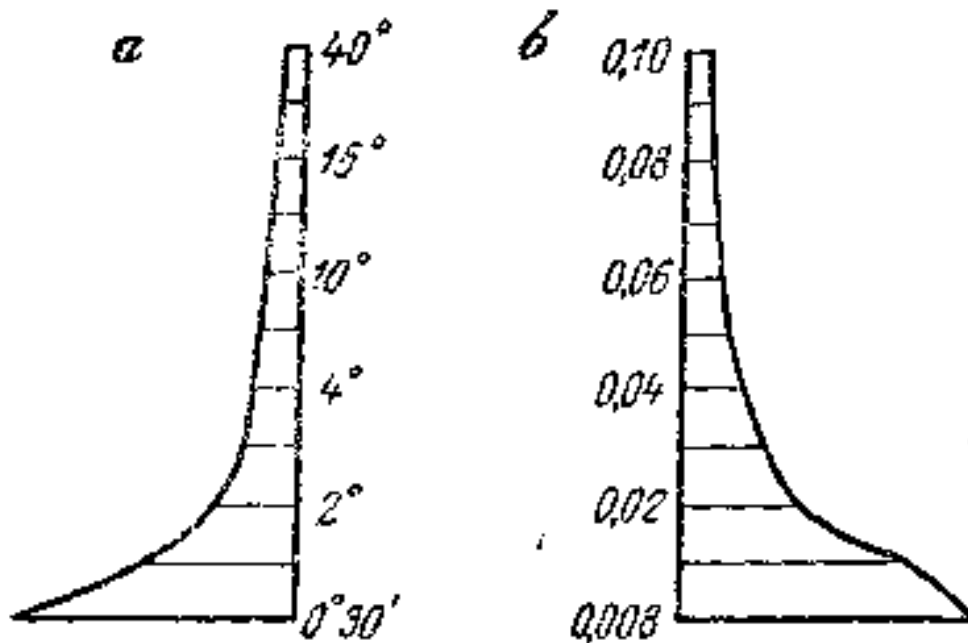


Рис. 10 Масштаб нахилів

для масштабу кутів нахилу

$$d = \frac{h}{\operatorname{tg} v} = h \operatorname{ctg} v.$$

Верхні кінці перпендикулярів з'єднують плавною кривою, за допомогою котрої можна знаходити закладення для всіх проміжних значень крутизни, які не підписані на шкалі.

Для визначення крутизни необхідно взяти циркулем відстань по схилу між двома суміжними суцільними горизонталями, прикладаючи його до номограми таким чином, щоб одна ніжка була на вертикальній лінії, а інша на кривій по перпендикуляру до неї і відраховують знизу нахил або кут нахилу, інтерполюючи тисячні долі або долі градуса на око.

*Побудова профілю місцевості по заданому напрямку.*

Для побудови профілю рельєфу, який зображено горизонталями в напрямку лінії *ab* необхідно провести пряму *AB* і на неї переносять з плану лінію *ab* з вказанням всіх точок перетину цієї лінії з горизонталями і характерних точок.

В цих точках встановлюють перпендикуляри і на них в вибраному масштабі відкладають відмітки відповідних точок,

визначених по карті з'єднавши знайдені точки прямими лініями, одержують профіль місцевості в заданому напрямку  $ab$ .

## **2.6. Використання геодезичних робіт в районах осушуваного та зрошуваного землеробства.**

На земельних ділянках, призначених для зрошення, а також в районах зрошуваного землеробства використовують нівелювання поверхні, а також повздовжнє та поперечне нівелювання.

Для визначення нахилу дна русла річки попередньо вздовж берега прокладають нівелірний хід. Потім через певні проміжки часу, одночасно, по сигналу забивають кілки верхніми зрізами врівень із зрізом води. Після цього від найближчих точок нівелірного ходу передають відмітки на кілки, що позначають зріз води. Нахил дна русла розраховують по формулі:

$$i = \frac{H_k - H_{k-1}}{s};$$

де :  $H_k$  і  $H_{k-1}$  – відмітки рівня води;

$s$  – відстань між точками з цими відмітками.

Для визначення живого розрізу невеликих річок передають попередньо відмітки на кілки, забиті врівень з рівнем води. Потім через річку протягують два канати або троси які паралельні один одному, котрі закріплюють за берегові стовпи. На одному із канатів роблять помітки різнокольоровими помітками через певні проміжки. Вздовж іншого утримують човен в створі розрізу, і переміщуючи його, проводять у кожної помітки вимірювання глибин річки за допомогою футштока (шест з поділками).

Знаючи відмітку горизонту води, розраховують відмітки дна річки а потім будують профіль. В зимовий період по створу розрізу через певні проміжки прорубують лунки в льодовому покритті і через них промірюють глибини річки.



## **Практична робота №3**

### **Мензульна зйомка**

- Завдання:* 1. Озаяомитися з будовою мензули та кіпрегеля.  
2. Навчитися виконувати повірки мензули та кіпрегеля.  
3. Навчитися виконувати мензульну зйомку різними способами.

### ***Хід роботи***

З метою створення планових і картографічних матеріалів мензульну топографічну зйомку проводять в масштабах від 1:1000 до 10000. Мензульну зйомку проводять безпосередньо в полі; всі вимірювання і креслення карти виконують безпосередньо в полі на мензулі (столику), який встановлюється на такій точці місцевості, з котрої добре видно розташовані поблизу окремі об'єкти, контури та рельєф. Знявши всі деталі місцевості з однієї точки переходять на іншу, вигідну для зйомки, точку і також проводять зйомку всіх розташованих поблизу елементів місцевості. Так послідовно переходячи з однієї точки з мензулою з однієї точки на іншу, проводять зйомку. Одночасно зі зйомкою контурів, окремих об'єктів і рельєфу визначають назви населених пунктів, річок, озер, окремих вершин і.т.д. Ряд об'єктів доповнюють пояснювальними написами і цифровими характеристиками.

Зйомочні роботи проводять окремими ділянками – трапеціями, обмежених лініями меридіанів та паралелей. Для виконання мензульної зйомки необхідні наступні інструменти:

кіпрегель, бусоль, мензула з центрувальною вилкою, рулетка, 20-метрова стрічка зі шпильками, рейки або бруски довжиною 4м.

При одержанні інструменту проводять зовнішній огляд: в мензульному комплекті повинно бути забезпечене жорстке кріплення планшету з головою штативу за допомогою підставки. Причинами неполадок можуть бути розробленість гнізд в планшеті та підставці, нежорстке кріплення затискного та мікрогвинтів підставки, розбавтаність залізного вістря ніжок штативу або барашків, які закріплюють головку штативу з його ніжками. Верхня поверхня планшету не повинна мати нерівностей, вибоїн, тріщин.

В кіпрегелі не повинно бути пошкоджень на об'єктиві та окулярі; затискний гвинт при трубі і мікрогвинти при трубі та алідаді вертикального круга повинні обертатися плавно, виправні гвинти

при сітці ниток зорової труби , біля рівней на лінійці кіпрегеля і на алідаді вертикального круга повинні бути справними; при обертанні труби навколо горизонтальної осі лімб вертикального круга не повинен задівати верньєрів, а труба повинна бути врівноважена і в незакріпленому стані повинна бути нерухомою.

В бусолі стрілка повинна бути намагнічена, врівноважена, плавно обертатися і аретир повинен бути справним.

Мірна стрічка повинна мати справні числові позначення з обох сторін, не мати поривів, тріщин або нашарувань, якщо вона склепана.

В склад підготовчих робіт входять:

1. Дослідження і перевірки приладів мензульної зйомки — кіпрегеля, мензули та бусолі.

2. Грунтовка рейок, розбивання і красіння шашок далекомірних рейок.

3. Оформлення в журналі мензульної зйомки титульного листка, виписування назв, координат та висот пунктів тріангуляції або іншої основи, відміток та марок і реперів з описанням їх місцезнаходження і вказівкою розмірів самих знаків і центрів над землею, нумерація листів журналу і позначення кількості їх в кінці журналу

4. Порівняння робочої бусолі з бусоллю партії або з нормальною.

5. Наклеювання на мензульну дошку креслярського паперу і рубашки, побудова сітки квадратів і нанесення по координатам вершин кутів рамки трапеції і пунктів планового обґрунтування. Перевірка нанесення координат вершин кутів рамки виконується по розмірам її сторін і діагоналі; нанесення пунктів — по відстані між ними.

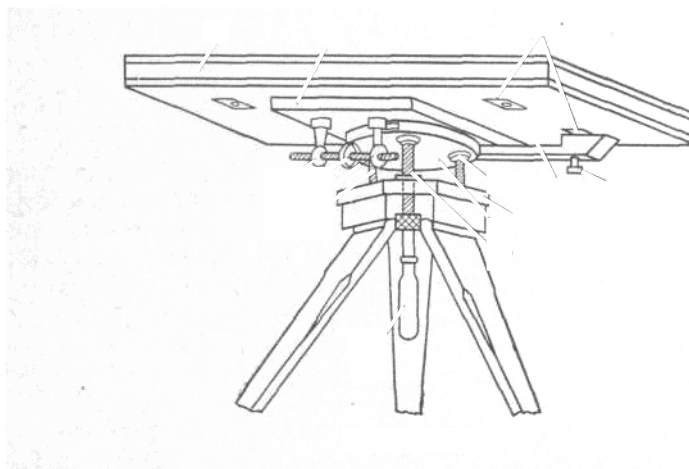


Рис. 11. Мензула

### 3.1. Призначення мензули, будова її, дослідження і перевірки.

Мензулою називається столик, який складається з дошки, штативу і підставки, що з'єднує дошку з головкою штативу (рис. 11).

Мензулу встановлюють на місцевості і на ній виконують вимірювальні, креслярські та інші роботи які пов'язані з виготовленням планів і карт місцевості.

В залежності від конструкції підставки розрізняють такі основні типи мензул: дерев'яну, металічну, шарову.

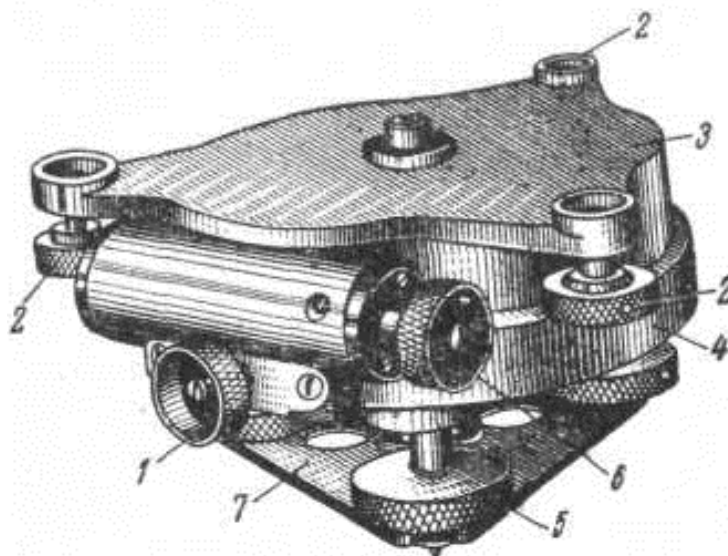


Рис. 12. Металічна підставка

В теперішній час використовують металічну підставку (рис. 12).

Нижній циліндр 4 опирається на три під'ємних гвинта 5; його вісь являється віссю обертання мензули. На цій осі обертається верхній корпус коробки 3 з трьома гвинтами 2 для прикріплення дошки. Дошка приводиться в горизонтальне положення за допомогою трьох під'ємних гвинтів 5, закріплених в трикутній пластинці 7 і які опираються на головку штативу. Пластина 7 закріплює підставку на головці штативу за допомогою станового гвинта. Обертання дошки по азимуту в межах  $360^\circ$  регулюється закріплювальним гвинтом 1 і в невеликих межах проводиться навідним гвинтом 6.

В нижній частині підставки розташовані регулюючі гвинти, користуючись котрими, змінюють тиск між нижньою підставкою 4 і

войлочною прокладкою на верхньому рухомому корпусі коробки 3 і досягають легкого і плавного обертання дошки по азимуту.

Мензульну дошку виготовляють із сухого видержаного дерева у вигляді квадрата зі сторонами від 35 до 70 см при середній товщині від 2 до 3 см. З метою зменшення деформацій дошки її каркас виготовляють із окремих пластинок, наклеєних на взаємно перпендикулярних напрямках, планки з обох сторін обклеюються тонкими дошками.

З нижньої сторони дошки пригвинчені шайби або кільця з внутрішньою нарізкою для прикріплення дошки на мензульній підставці. Мензульну дошку з наклеєним креслярським папером називають планшетом.

Штативи мензул складають з трьох дерев'яних ніжок, рухомо закріплених в головці штативу за допомогою гвинтів; на кінцях ніжок штативу закріплені металічні наконечники.

### **3.2.Повірки мензули.**

Мензула повинна задовольняти певним вимогам, котрі виявляють оглядом, дослідженням та повірками.

Гвинти, що закріплюють окремі деталі мензульної підставки, які з'єднують мензульну підставку з дошкою і штативом, під'ємні і навідні повинні обертатися плавно і без зусиль. Надійність роботи всіх гвинтів і кріплень перевіряється оглядом.

Усунення нестійкого положення мензули:

1. шатається головка штативу – необхідно підтягнути гайки, що закріплюють ніжки в головці штативу;
2. качаються металічні наконечники ніжок штативу – необхідно закріпити наконечники;
3. при опусканні одного з під'ємних гвинтів становим гвинтом не закріплюється дошка на підп'ятниках – необхідно зняти дошку і підставку зі штативу і на основному гвинті підставки відвернути ковпачок і підвернути циліндричну гайку.

Повірками виявляють окремі недоліки і усувають їх або направляють мензулу для виправлення в майстернях. Повірки мензули слідуючи:

1. *В мензульній дошці не повинно бути залізних або сталевих цвяхів, шурупів або інших деталей які впливають на показники магнітної стрілки.*

Повірку проводять за допомогою бусолі на планшеті з побудованою дециметровою сіткою. Бусоль прикладають в різних місцях планшету до дециметрової сітки і фіксують показники стрілки; при показниках які відрізняються не більше ніж на  $\pm 0,2^\circ$  роблять висновок, що залізних деталей немає.

*2. Верхня поверхня мензульної дошки повинна бути площиною.*

Повірку проводять за допомогою скошеної сторони вивіреної лінійки кіпрегеля, прикладаючи ребро лінійки по різним напрямкам дошки. Проміжки між лінійкою і дошкою допускаються не більше ніж 0,2 мм.

*3. Мензула повинна бути стійка.*

Після установки мензули на точці на дошку ставлять кіпрегель і хрест сітки ниток кіпрегеля наводять на довільну точку; вертикально натискаючи на край дошки і роблячи бокові натискання і відпускання на борт дошки, слідкують за поверненням хреста сітки ниток на точку яку спостерігають. Якщо хрест сітки ниток після вертикального або азимутального натискання не повертається на точку яку спостерігають, то встановлюють причини і усувають їх.

*4. Верхня площина мензульної дошки повинна бути перпендикулярна до вертикальної осі обертання приладу.*

На дошку ставлять кіпрегель з рівнем і, маніпулюючи під'ємними гвинтами підставки, приводять дошку в горизонтальне положення. Потім обертають її навколо вертикальної осі мензули. Якщо булька при цьому відхилиться більше ніж на дві поділки, то умова в приладі не виконана. Виправлення похибки проводить механік.

### **3.3. Вилка для центрування.**

При зйомці у масштабах 1:5000 і крупніше точки на планшеті центрують над точкою місцевості за допомогою центрувальної вилки(рис. 13).

Верхня планка вилки 1 являє собою гострий кінець , який встановлюється над точкою *a* планшету, а на нижній планці 2 в точці *a'* на висковій лінії, яка проходить через точку *a*, закріплено висок, який встановлюється над точкою місцевості *A*.

До центровочної вилки встановлюють вимоги: *при горизонтальному планшеті вказівник вилки і вістря виска повинні знаходитися на одній висковій лінії.*

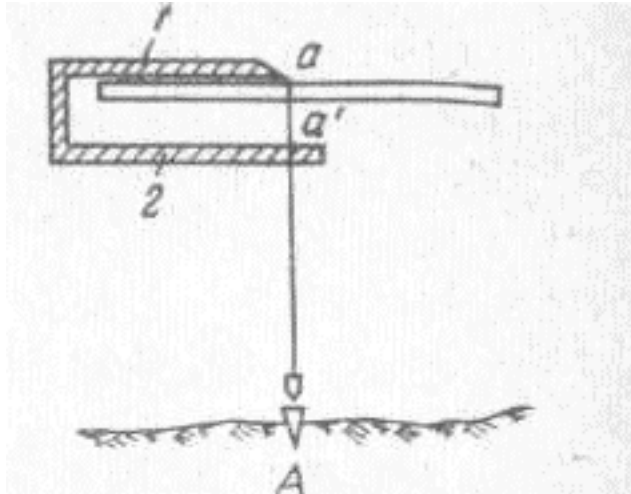


Рис. 13. Центрувальна вилка

При повірці вказівник вилки встановлюють над точкою *a* планшету, під вістря виска забивають кілок  $A_1$ , потім вилку перекладають на планшеті до точки *a* з протилежної сторони, якщо вістря виска співпадає з точкою  $A_1$  то умова виконана; при неспівпаданні під вістря виска забивають другий кілок  $A_2$  і на нижній планці переміщують нитку. Щоб встановити вістря виска над середньою точкою  $A_1A_2$ .

### 3.4. Призначення кіпрегеля, його будова, дослідження.

*Кіпрегелем* називається геодезичний інструмент за допомогою котрого графічним способом будують на планшеті горизонтальні напрямки місцевості, вимірюють відстані та кути нахилу по окремим напрямкам (рис. 14).

На горизонтальній металічній лінійці 9 довжиною біля 50 см розташовані: колонка 7, циліндричний рівень 10 для приведення планшета в горизонтальне положення і масштабної лінійки 8 для відкладання довжин вимірюваних ліній місцевості в масштабі створюваної карти. Зверху колонки навколо горизонтальної вісі 12 обертається зорова труба 13 з закріпленням з нею вертикальним кругом 14. При наведенні на точку спостереження трубу закріплюють закріплювальним гвинтом 1. Точне наведення здійснюється навідним

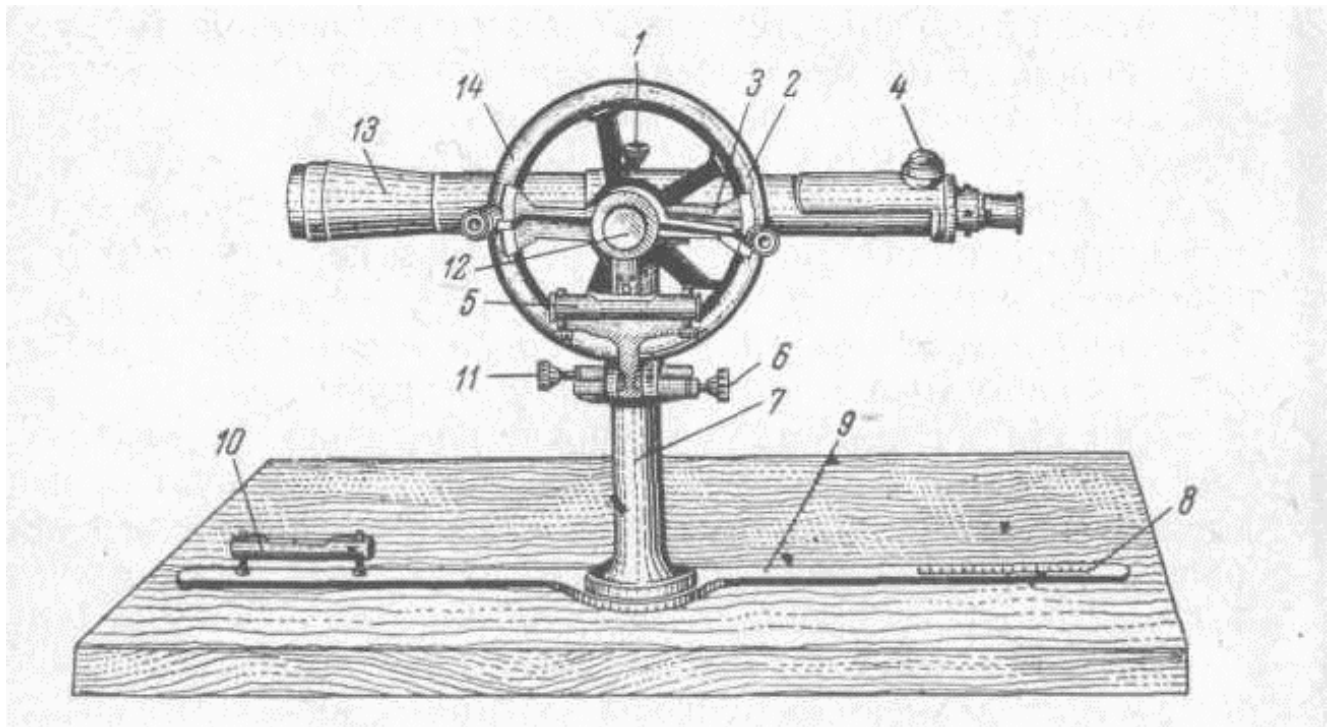


Рис. 14. Кіпрегель

гвинтом 11. Алідада з рівнем обертається на тій же вісі в невеликих межах мікрогвинтом 6.

Зорова труба з зовнішнім фокусуванням. Установка чіткого зображення сітки ниток здійснюється обертанням окулярної трубочки.

Відстань вимірюють за допомогою далекомірних ниток сітки, розміщеним в окулярному коліні; для її установки є виправні гвинти.

Для підвищення рівня продуктивності виконуваних геодезичних робіт користуються кіпрегелями – автоматами.

На рисунку 15 зображено кіпрегель – автомат КА–2. Основою кіпрегеля являється широка лінійка 1, до котрої за допомогою двох шарнірів, які створюють перемінний паралелограм, приєднана вузька довга лінійка 3.

При користуванні цією лінійкою немає необхідності в точній установці лінійки кіпрегеля в точці стояння на планшеті. Так як її зміщення для проведення паралельних ліній можливе в межах біля 5см.

На основній лінійці закріплені: циліндричний рівень 2, масштабна лінійка і пристрій 4 для невеликих кутових поворотів кіпрегеля на планшеті; в центральній частині закріплена колонка 5. Зверху

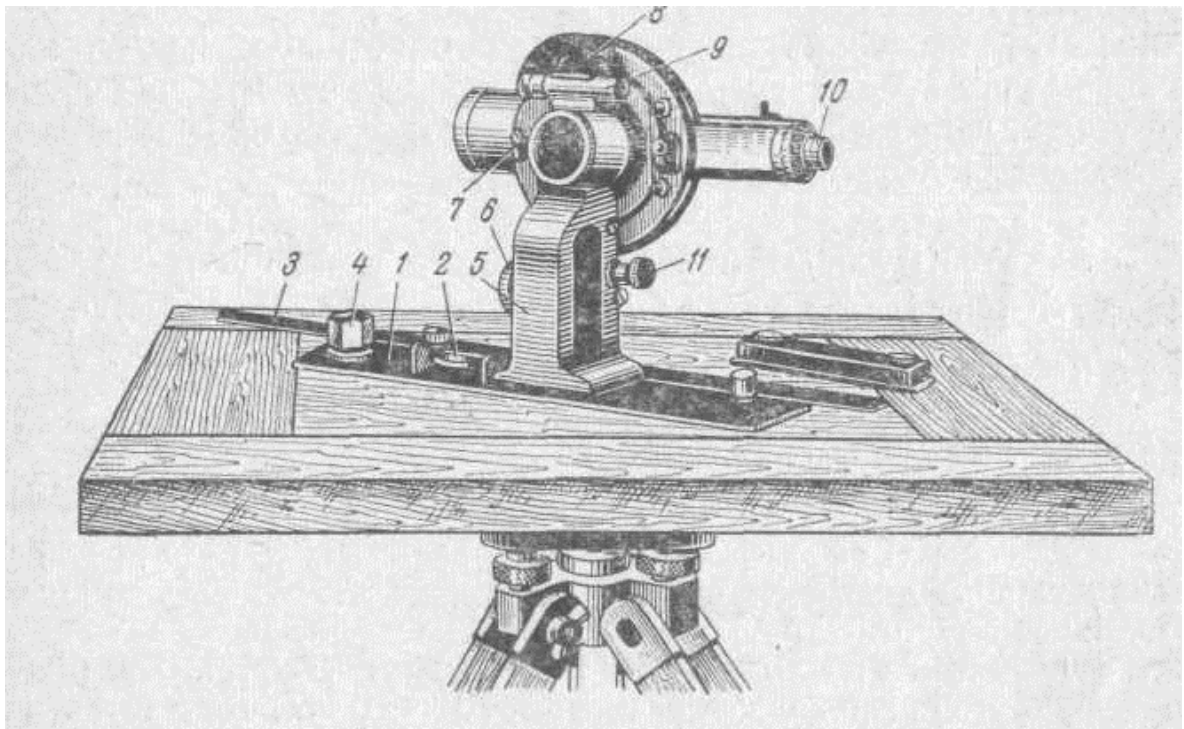


Рис. 15. Кіпрегель – автомат КА-2

колонки на горизонтальній осі закріплена зорова труба і закритий кожухом скляний вертикальний лімб.

На трубі закріплений циліндричний рівень 9; поворотна призма 8 встановлена для спостереження за рівнем. Окуляр труби має діоптрійне кільце 10; для приблизного наведення на точки які спостерігають користуються ціликом.

Труба переводиться через зеніт об'єктивним кінцем; вона має закріплювальний гвинт 7 і навідний 11; мікрогвинт вертикального круга 6.

На скляному лімбі по колу нанесені поділки через  $10'$  з оцифровкою їх через  $1^\circ$ , що дозволяє при користуванні штрихом, який співпадає з правою стороною вертикальної грані призми як штрихом сітки, відрховувати з точністю до  $1'$ .

Для відліку відстаней які вимірюються нанесені три далекомірних штриха  $a$ ,  $b$  і  $c$ ; поділки на лімбу і далекомірні штрихи дозволяють користуватися кіпрегелем як кіпрегелем з сіткою ниток і вертикальним кругом. Особливістю кіпрегеля КА-2 є: початкова окружність  $H$ , крива горизонтальних прокладень  $D$  і крива перевищень.



Візирною віссю кіпрегеля являється пряма лінія, що проходить через центр об'єктива і точку перетину початкової окружності  $H$  з правою стороною вертикальної грані посеребреної смужки.

В залежності від кута нахилу між початковою окружністю  $H$  і кривою горизонтальних прокладень  $D$  відраховують горизонтальні прокладення при відстанях до 300 м.; при більш довгих відстанях користуються далекомірними нитками сітки з  $K=200$ .

Для відліку перевищень на лімбі нанесені три кривих, котрі в залежності від нахилу труби і від відліку по рейці (від початкової окружності  $H$  до відповідної кривої перевищень) дозволяють визначити перевищення до спостерігаємих точок над точкою стояння мензули з урахування коефіцієнта кривих  $K_1 = \pm 10$ ,  $K_2 = \pm 20$  або  $K_3 = \pm 100$ .

Рейки виготовляють трьох- або чотирьохметрової довжини, поділки шашки розбивають на правій стороні рейки, а на лівій роб-

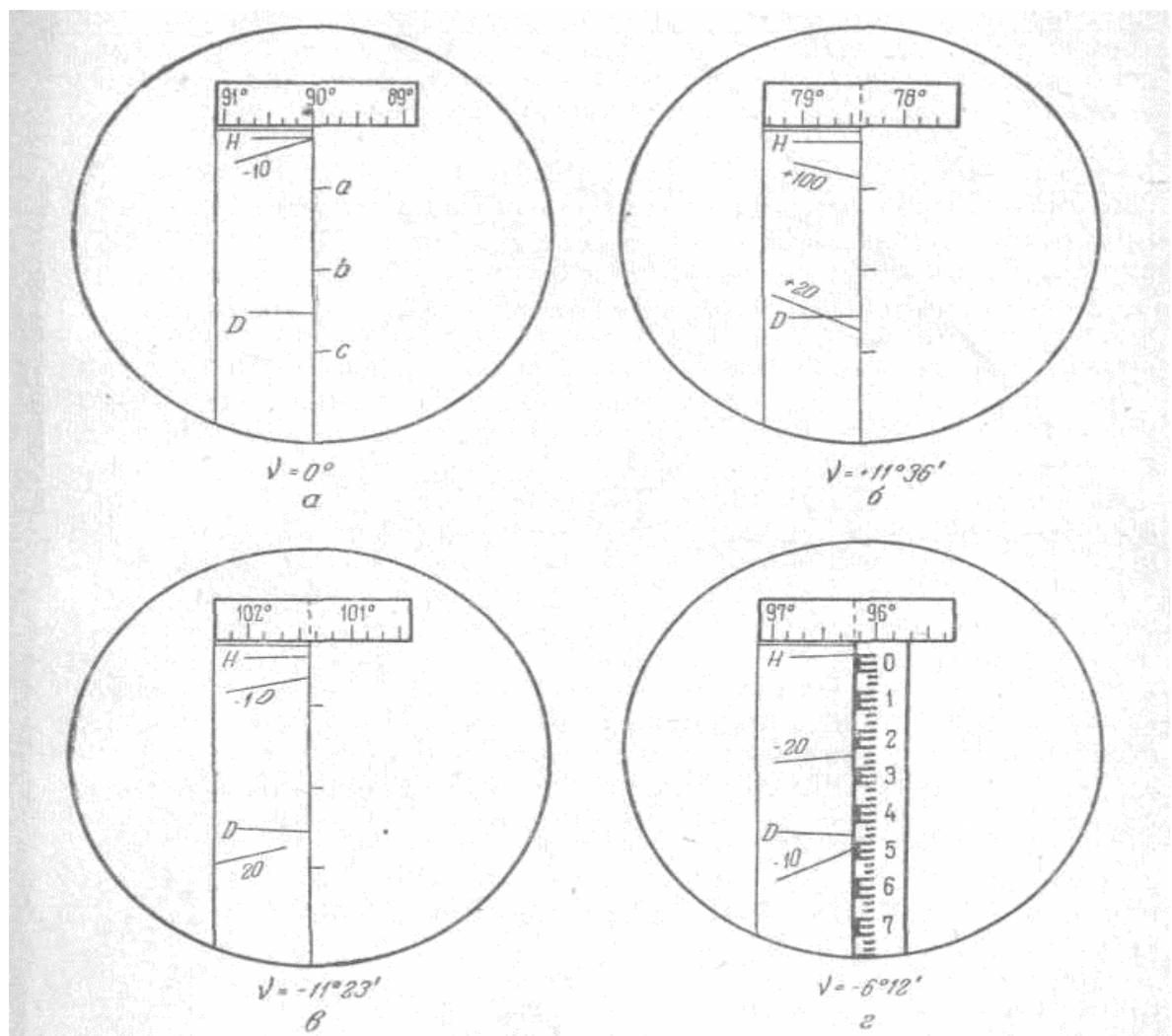


Рис. 16. Відліки по кривим

лять оцифровку. На одній стороні рейки шашки роблять 1см, а на протилежній 2см. Нуль рейки розміщують біля п'ятки рейки або на висоті приладу.

При КП кривих на лімбі не видно, видно тільки градусну криву і далекомірні штрихи.

Наприклад відповідному горизонтальному положенню труби (відлік по вертикальному колу дорівнює  $90^{\circ}00'$ ), видно криву перевищень  $K_{10}$  (рис. 16); кривих перевищень  $K_{20}$  і  $K_{100}$  не видно, так як  $h=0$ . При куті нахилу  $+11^{\circ}36'$  (відлік  $78^{\circ}24'$ ) (мал.16 б) маємо криві позитивних перевищень з коефіцієнтами  $K_2 = +20$  і  $K_3 = +100$ .

При куті нахилу  $-6^{\circ}12'$  маємо відлік по рейці  $l = 48,0$  см (між початковою кривою Н і кривою відстаней D) (рис. 16 г), що при  $K = 100$  визначить горизонтальне прокладення

$$D = Kl = 100(48,0\text{см}) = 4800 = 48,0\text{м};$$

Для визначення перевищень відраховуємо по рейці відрізок від початкової кривої Н до кривої перевищень з відповідним коефіцієнтом, наприклад до кривої  $K_{20}$  одержимо  $l = 26,0$  см, що при  $K_{20} = -20$  відповідає перевищенню:

$$h = K_2(l\text{см}) = -20(26\text{см}) = -520\text{см} = -5,20\text{ см.};$$

при  $K_{10} = -10$  і  $l = 51,8$

$$h' = K_{10}l\text{см} = -10(51,8\text{см}) = -518\text{см} = -5,18\text{м};$$

одержано розбіжність в 2см, що являється допустимим.

### 3.5.Повірки кіпрегелей – автоматів.

1. Відлік перевищень по відповідним кривим можна проводити тільки після установки місця нуля МО (місце нуля) вертикального кола в межах  $90^{\circ} + 0',5$ . При МО, який відрізняється від вказаного відліку, перевищення які відраховуються не будуть дійсними. Для установки МО визначають його значення і кут нахилу по формулам:

$$\hat{\Pi} = \frac{\hat{E}\hat{I} + \hat{E}\hat{E} + 180^{\circ}}{2};$$

$$v = \text{МО} - \text{КЛ} = (\text{КП} - 180^{\circ}) - \text{МО};$$

Наприклад одержавши при вимірюванні відліки  $\text{КЛ} = 88^{\circ}40'$  і  $\text{КП} = 271^{\circ}36'$ , визначають:

$$\hat{\Pi} = \frac{271^{\circ}36' + 88^{\circ}40' + 180^{\circ}}{2} = \frac{180^{\circ}}{2} = 90^{\circ}08';$$

$$v = (271^{\circ}36' - 180^{\circ}) - 90^{\circ}08' = +1^{\circ}28';$$

$$v = 90^{\circ}08' - 88^{\circ}40' = +1^{\circ}28';$$

Для приведення МО до значення  $90^{\circ}00'$  по формулі знаходять значення КЛ. При  $v = +1^{\circ}28'$ .

$$КЛ = МО - v;$$

Для нашого прикладу маємо:  $КЛ = 90^{\circ}00' - 1^{\circ}28' = 88^{\circ}32'$ .

Користуючись мікрогвинтом рівня вертикального круга, встановлюємо відлік  $88^{\circ}32'$  (при цьому початкова окружність наведена на точку яку спостерігаємо), виправними гвинтами в рівні приводимо бульку в нуль – пункт. Для контролю проведеної роботи перевірку повторюють.

2. Вплив ексцентриситету вертикального круга на кути які вимірюють в кіпрегелях КА–2 перевіряють вимірюванням кутів нахилу в прямому і в протилежному напрямку

3. Коефіцієнти далекоміра далекомірних штрихів і кривої горизонтальних прокладень визначають на базисах по правилах визначення коефіцієнта ниткових далекомірів.

4. Коефіцієнт кривих перевищень визначають із порівняння перевищень визначених із геометричного нівелювання і із вимірювань при користуванні відповідними кривими кіпрегеля. Розрахунок проводять по формулі:

$$K = K_0 \frac{h_0}{h_{н0}};$$

де  $K_0$  – коефіцієнт відповідної кривої кіпрегеля:  $K_{10} = \pm 10$ ,  $K_{20} = \pm 20$  або  $K_{100} = \pm 100$

$h_0$  – перевищення одержане методом геометричного нівелювання,  $h_{ср}$  – середнє із вимірювань кіпрегелем при плюсових та від'ємних кутах нахилу.

Для перевірки вибирають дві точки місцевості на відстані біля 100м з перевищенням 8–10м. Перевищення між ними визначають геометричним нівелюванням IV класу. Для визначення коефіцієнта кривої  $K_{10} = \pm 10$  визначають не менше 10 прямих і 10 обернених перевищень при наведенні початкової окружності на різні точки по висоті. Коливання між собою прямих та протилежних не повинні перевищувати 0.05 м. Потім визначають середні прямі і протилежні перевищення і знаходять загальне середнє.

Для перевірки коефіцієнтів перевищень кривих  $K_{20} = \pm 20$  і  $K_{100} = \pm 100$  перевищення між контрольними реперами повинні бути не менше 40–50м і також для визначення кожного коефіцієнта вимірюють не менше 10 прямих і 10 обернених перевищень. Для контролю також

використовують ходи, які прокладаються між реперами геометричного нівелювання .

При прокладанні одержаних коефіцієнтів кривих перевищень від номінальних їх значень суми перевищень по ходам множать на поправочні коефіцієнти , котрі визначають із співвідношень

$$N_{10} = 0,1(K_{10}); N_{20} = 0,05(K_{20}); N_{100} = 0,01(K_{100});$$

При  $K_{10} = 9,98$   $N_{10} = 0,1(K_{10}) = 0,1(9,98) = 0,998$ ; при виміряному перевищенні  $h_{\text{вим}} = 5,00\text{м}$  виправлене перевищення буде дорівнювати

$$h_{\text{вип}} = h_{\text{вим}}(N_{10}) = 5,00\text{м} (0,998) = 4,99\text{м};$$

При  $K_{20} = 20,04$   $N_{20} = 0,05(K_{20}) = 0,05(20,04) = 1,002$ ; при виміряному перевищенні  $h_{\text{вим}} = 10,00$  виправлене перевищення буде

$$h_{\text{вип}} = h_{\text{вим}}(N_{20}) = 10,00\text{м} (1,002) = 10,02\text{м}$$

### 3.6. Бусоль та порівняння її з нормальною.

При мензульній зйомці для орієнтування планшету і визначення схилення магнітної стрілки використовують круглі бусолі і орієнтир – бусолі. Орієнтир – бусолі являють собою продовговату коробочку з видовженою магнітною стрілкою і з двома секторами по  $24\text{--}25^\circ$  з градусними або напівградусними поділками (рис. 18). Нульовий діаметр кожної бусолі *ns* роблять паралельним боковій грані *mm* коробки орієнтир – бусолі або *mm* круглої бусолі; коробки круглих бусолей роблять квадратними або зрізають по півокруглості.

Магнітну стрілку закріплюють в коробці за допомогою аретира 1 (рис. 17).

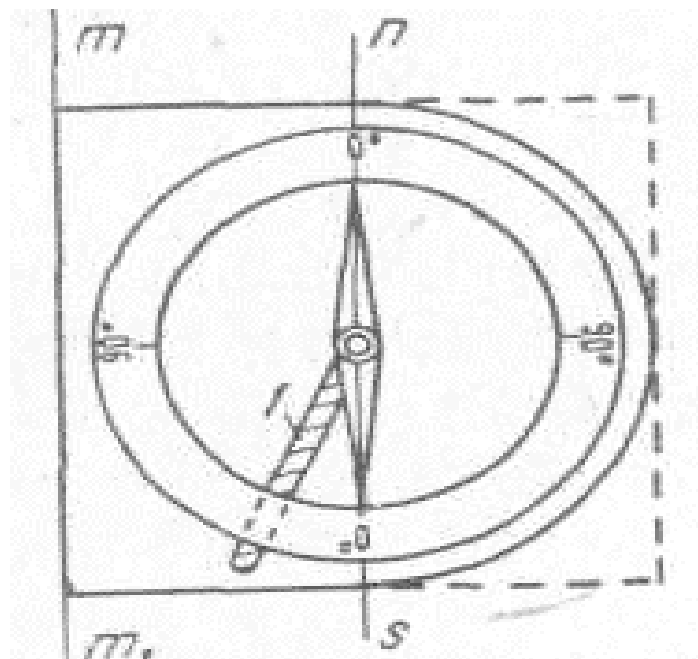


Рис. 17. Бусоль

При орієнтуванні планшету по бусолі необхідно знати, що точність орієнтування коливається в межах  $\pm 15'$ , тобто в межах добової зміни величини показаної магнітною стрілкою.

Для нормальної роботи бусолі проводять її перевірки.

*1. Бусоль не повинна вміщувати залізних частин*

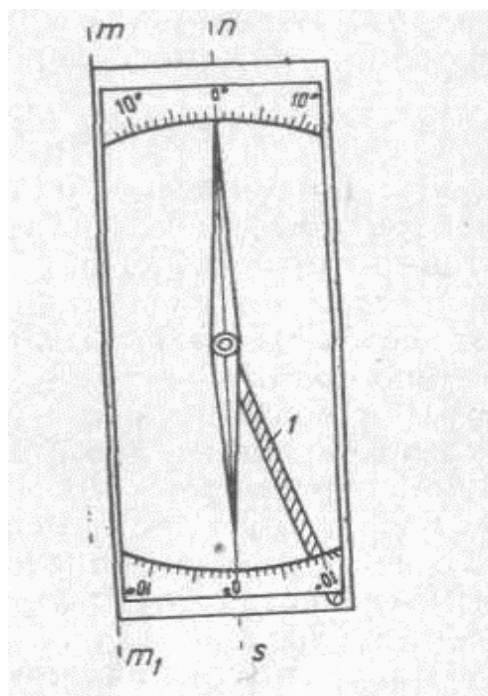
Для цього з бусолі знімають стрілку і коробочку підносять до другої бусолі. Якщо магнітна стрілка другої бусолі зостанеться непорушною. То умова виконана.

*2. Поділки градусного кільця повинні бути вірними.*

Розхилом циркуля – вимірювача, який дорівнює 10 поділкам кільця бусолі поступово переставляючи обходять все кільце. При цьому кожний раз ніжка циркуля повинна співпадати зі штрихом кільця бусолі.

*3. Стрілка бусолі повинна бути достатньо намагнічена.*

По одному з кінців стрілки роблять відлік, а потім до стрілки підносять залізний предмет. Стрілка після відхилення (при віддалені предмета) повинна повернутися на попереднє місце і заспокоїтися. Якщо відлік зміниться на величину більше  $0^\circ$ , 3 то стрілку необхідно намагнітити. Для цього стрілку кладуть горизонтально і різними полюсами двох магнітів декілька раз одночасно проводять від середини до країв стрілки; магніти розташовують під гострим кутом до площини стрілки.



Мал. 18. Орієнтир - бусоль

#### *4. Стрілка бусолі повинна бути врівноважена.*

Бусоль встановлюють горизонтально. Кінці стрілки повинні лежати в одній площині з градусним кільцем. Якщо один з кінців при піднятій, то врівноваження проводять на стрілці муфтою.

#### *5. Стрілка бусолі не повинна мати ексцентриситету.*

При обертанні бусолі відліки по кінцям стрілки повинні відрізнятися на  $180^\circ$ , Якщо цього немає, то для виключення впливу ексцентриситету необхідно брати середню величину з відліку по північному та південному, виміряному на  $\pm 180^\circ$ .

#### *6. Магнітна вісь стрілки повинна співпадати з її геометричною віссю.*

Полюси стрілки, тобто центри зосередження магнетизму, визначають магнітну вісь стрілки; відліки проводять по кінцям стрілки, які визначають напрямки її геометричної осі. Повірка проводиться таким чином. Роблять відлік по північному кінці стрілки, потім стрілку знімають зі шпильки, перегвинчують оправу, в котрій знаходився агат, на іншу сторону стрілки і, знову навішуємо її на шпильку, беруть другий відлік. Якщо відліки співпадають, умова виконана. Якщо оправу стрілки прироблена наглухо, то повірка проводиться зняттям одного і того ж азимуту досліджуваної і вивіреної бусолей. Азимути повинні бути однаковими по обом бусолям, відхилення допускаються до  $0,2 - 0,3$ .

#### *7. Аретир повинен надійно закріплюють стрілку.*

При закріпленні аретиром в неробочому положенні стрілка не повинна обертатися; в робочому положенні аретир не повинен заважати стрілці вільно обертатися. Перевіряється опробуванням.

Різні бусолі дають різні показники магнітної стрілки на одній точці і для однієї і тієї ж лінії, що залежить від намагніченості стрілки, положення градусного кільця та інших причин.

Для порівняння робочої бусолі з бусоллю партії на планшеті проводять пряму лінію і до неї східною або західною гранню прикладають бусоль партії. Обертаючи планшет, встановлюють нульовий діаметр бусолі зі східним схиленням, приблизно  $2-3^\circ$ ; стрілці дають можливість зупинитися, відраховують по обом її кінцям і середнє записують в журнал топографічної зйомки. Потім, виводять стрілку із стану покою і знову дають можливість зупинитися роблять другі відліки, середнє записують в журнал. Таких відлік роблять  $2-3$  і виводять середнє  $A_{\text{сер.}} = +3^\circ,4$ . Знявши з планшету бусоль партії, на її місце тим же ребром встановлюють

робочу бусоль і, повторивши ті ж самі дії, записують відліки :  $3^{\circ},2$  ;  $3^{\circ},3$  і  $3^{\circ},2$  з котрих середнє :  $B_{\text{ср}} = +3^{\circ},2$ .

Поправка за бусоль партії враховується по формулі:

$$v_1 = A_{\text{ср.парт.}} - B_{\text{ср.роб.}};$$

тому

$$v_1 = 3^{\circ},4 - 3^{\circ},2 = +0^{\circ},2;$$

Враховуючи поправку бусолі за нормальну бусоль  $v_2 = +0^{\circ},1$ , одержимо поправку до робочої бусолі по формулі:

$$v = v_1 + v_2;$$

відповідно,  $v = v_1 + v_2 = +0^{\circ},2 + 0^{\circ},1 = +0^{\circ},3$ . Цю поправку і додаємо до показань робочої бусолі для одержання виправлених показань робочої бусолі для одержання виправлених показань магнітної стрілки таблиця 3.

Таблиця 3

Порівняння робочої бусолі з бусоллю партії

Дата порівняння бусолей	Дані бусолі партії А	Дані робочої бусолі В	Поправка за бусоль партії $v = A - B$	Поправка за бусоль партії за нормальну бусоль $v_2$	Поправка робочої бусолі за нормальну бусоль $v + v_2$
11.05.12	$+3^{\circ},4$	$+3^{\circ},2$			
	$+3^{\circ},5$	$+3^{\circ},3$			
	$+3^{\circ},4$	$+3^{\circ},2$			
	Ср. $= +3^{\circ},4$	Ср. $= +3^{\circ},2$	$+0^{\circ},2$	$+0^{\circ},1$	$+0^{\circ},3$

### 3.7. Підготовка планшету і журналу до зйомки.

При мензульній зйомці карта створюється в полі, в точці стояння мензули. Тому креслярський папір повинен бути доброї якості. Його потрібно рівно і без повітряних прошарків наклеїти на дошку.

Під час наклейки паперу її змочують водою з обох сторін, слідкуючи за рівномірністю зволоження, особливо країв паперу, котрі швидко підсихають. В цей же час в емальовану миску відокремлюють з яєць білок, і додавши в нього одну дві чайні ложки води (на 8–10

яєць), збивають до суцільної маси (20–30 хв.). потім роблять клей з крохмалю.

Пров'ялений лист паперу рівномірно змазують масою і накладають на планшет. Підгорнувши краї паперу до бортів планшета, планшет разом з папером перевертають і від середини паперу до країв одночасно у дві сторони розрівнюють, піджимаючи краї листа до борту планшета, борти та кути акуратно заробляють.

Приклеївши креслярський папір, планшет вкладають в чохол, затягуючи ремнями і в такому положенні тримають 1–3 доби для поступової просушки. Сушити на сонці не можна.

Після побудови на планшеті дециметрової сітки, рамки трапеції, нанесення на планшет по координатам пунктів геодезичного обґрунтування на планшет наклеюють рубашку – лист щільного креслярського паперу.

Перед зйомкою планшет орієнтують. Для цього ребро бусолі прикладають до лінії координатної сітки. Прийнятої за напрямок меридіану і обертають планшет по азимуту до тих пір, поки північний кінець стрілки не співпаде з нульовим діаметром.

Якщо на планшеті нанесені два напрямки, наприклад **ab** і **ac**, які відповідають напрямкам **AB** і **AC** на місцевості, то орієнтувати планшет можливо по цим напрямкам. Для цього центрують планшет точкою **a** над точкою **A** місцевості, прикладаючи до лінії **ab** планшета скошену сторону лінійки кіпрегеля, відпускають закріплювальний гвинт планшета і, обертаючи його по азимуту, наводять вертикальну нитку зорової труби на віху, що знаходиться в точці **B** місцевості.

Точки місцевості на планшеті наносять головним чином прямою або зворотною засічкою, а також полярним способом.

Для прикладу уявимо, що на планшеті нанесені дві точки **m** і **p**, що відповідають точкам **M** і **P** на місцевості і необхідно нанести точку **N** на планшет.

### 3.8. Способи зйомки

*Пряма засічка:*

1) встановлюють мензулу в точці **M**, центрують, нівелюють, і орієнтують планшет в напрямку **MP** (Рис.19);

2) суміщають скошену сторону лінійки кіпрегеля з точкою **m** на планшеті, наводять хрест ниток зорової труби кіпрегеля на віху **N** і креслять напрямом **mn'**;



3) переносять мензулу в точку **P** і центрують її над нею точкою **p**, нівелюють і орієнтують по напрямку **PM**.

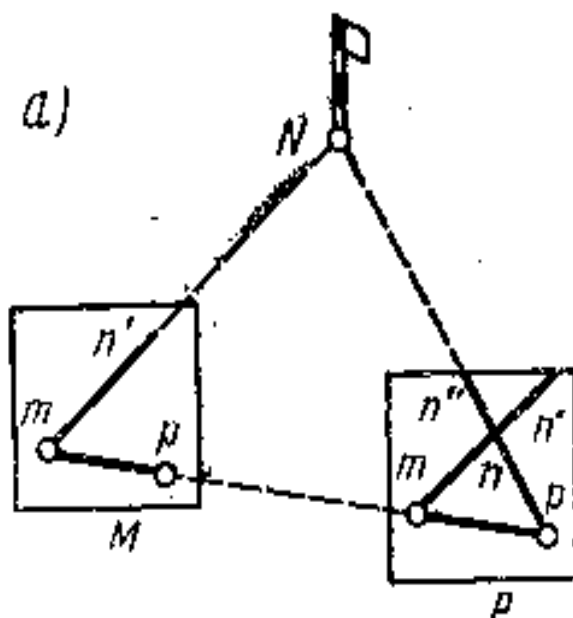


Рис. 19. Прямая засічка

4) суміщають скошену сторону лінійки кіпрегеля з точкою **p** на планшеті і візують зоровою трубою кіпрегеля на віху **N**. По скошеній стороні лінійки креслять напрямок **pn''**. Перетин напрямків **mn'** і **pn''** і буде точкою яку визначаємо.

В разі існування на місцевості перешкоди (річка, яр) із – за якої неможливо встановити мензулу в точці **P**, для визначення місцеположення точки **N** виконують обернену засічку.

*Обернена засічка:*

1) встановлюють мензулу в точці місцевості, центрують над нею планшет з відповідною точкою **m**, нівелюють його і орієнтують по лінії **mp**; візують через точку **m** планшета на точку **N** місцевості і креслять напрямок **mn'** (рис.20);

2) переносять мензулу в точку **N** і центрують над нею планшет довільною точкою, яка знаходиться на лінії **mn'**, нівелюють і орієнтують планшет по напрямку **nm**;

3) візують через точку **p** планшета на точку **P** місцевості і по скошеній стороні лінійки креслять напрямок до перетину його з

напрямком  $mn'$ . Точка перетину цих двох напрямків і буде шуканою точкою  $n$  на планшеті.

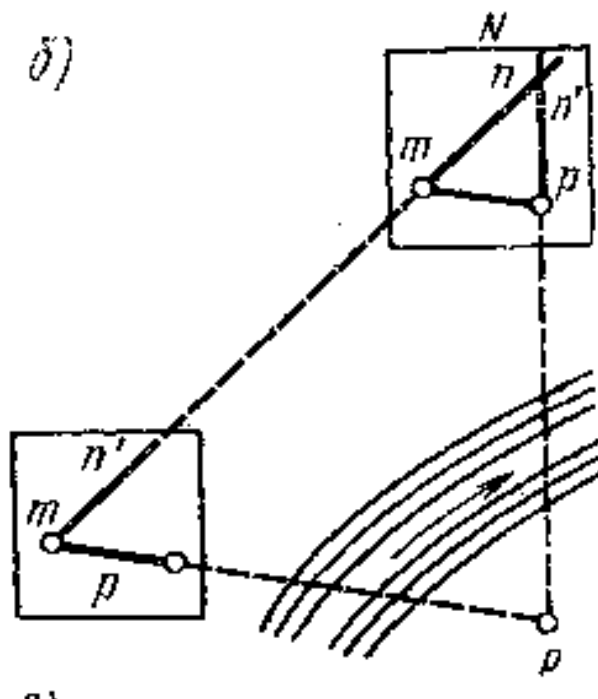


Рис. 20. Оборнена засічка

#### *Полярний спосіб:*

На планшеті розташування точок  $p, q, n, f$  і  $v$ , які відповідають точкам місцевості  $P, Q, N, F$  і  $V$ , можна визначити, якщо неподалеку від них розташована опорна точка  $M$  місцевості, котрій відповідає точка  $m$  планшета.

Робота ведеться в слідкуючій послідовності :

1) встановлюють мензулу в точці  $M$ , центрують, нівелюють і орієнтують планшет по бусолі (рис.21);

2) у точці яку визначаємо  $P$  встановлюють висково далекомірну рейку;

3) суміщають скошеній сторону лінійки кіпрегеля з точкою  $m$  на планшеті і візують зоровою трубою кіпрегеля на точку  $P$  місцевості;

4) по далекоміру визначають відстань до точки  $P$  і в масштабі плану відкладають горизонтальне прокладення цієї відстані циркулем – вимірювачем вздовж скошеної сторони лінійки від точки  $m$  і одержують точку  $p$  на планшеті, яка відповідає точці  $P$  на місцевості. Таким чином на планшеті можна одержати і точки  $q, n, f$  і  $v$  які

відповідають точкам **Q,N,F** і **V** на місцевості. З'єднавши ці точки прямими, одержуємо контур **pqnfv** на планшеті який подібний контуру **PQNFV** на місцевості.

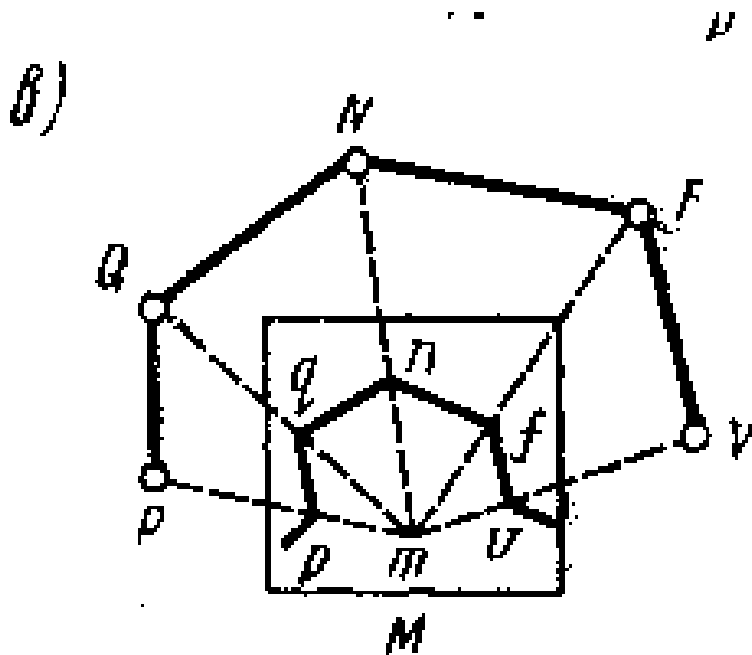


Рис. 21. Полярний спосіб

### 3.9. Мензульні зйомні ходи.

Мензульні зйомні ходи, як правило, прокладають між точками планово – висотного обґрунтування зйомки. Довжина мензульних ходів не повинна перевищувати 800 м при зйомці в масштабі 1:2000. Орієнтування планшету на станціях мензульного ходу, як правило, проводять по лініям, накреслених з попередніх станцій. Якщо сторони ходу короткі, то для збільшення точності орієнтування планшету проводять по бусолі. Роботу виконують в такій послідовності:

1. на вихідній точці **А** встановлюють мензулу, центрують, нівелюють і орієнтують планшет по напрямку **АБ**(рис. 22).

2. прикладають скошену сторону лінійки кіпрегеля до точки **а** на планшеті і через неї візують зоровою трубою кіпрегеля на точку **Б** мензульного ходу, креслять напрямок **а–б**, вимірюють відстань **а–б** по далекоміру, в масштабі плану відкладають горизонтальне прокладення його по накресленому напрямку і наколюють точку **б**.

3. вимірюють в точці **а** висоту приладу  $i$ , візують на верх рейки, що знаходиться в точці **Б**, центральною точкою сітки ниток визначають кут нахилу  $v$  (при КП і при КЛ);

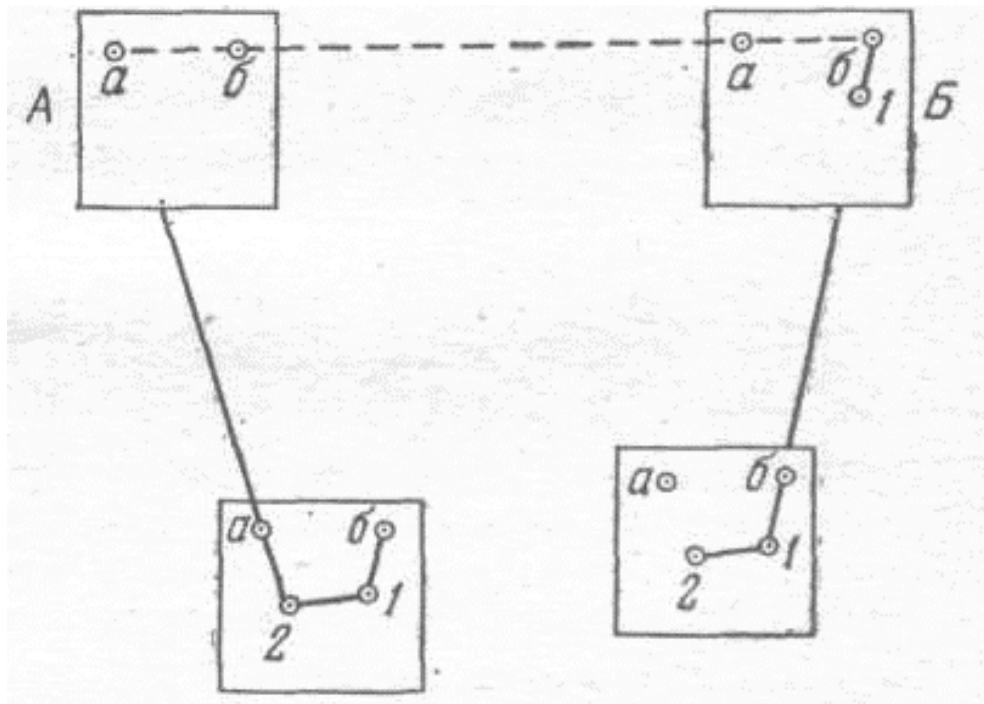


Рис. 22. Прокладання мензульного ходу

4. переходять з мензулою в точку **Б** і центрують мензулу, нівелюють і орієнтують планшет по лінії **Б–А**, візують через точку **Б** на рейку, що знаходиться в точці **1**, і креслять вздовж скошеної сторони лінійки кіпрегеля пряму. По далекоміру вимірюють відстань **Б–1**. горизонтальне прокладення котрого відкладається в масштабі зйомки по накресленому напрямку **б–1**, і одержують точку **1** на планшеті;

5. вимірюють висоту приладу  $i_1$  в точці **б** і визначають кут нахилу  $v$  (при КП і КЛ), візують на верх рейки, що знаходиться в точці **А**, ті ж дії проводять при візуванні на передню точку **1**, так встановлюють мензулу на послідуєчій точці ходу **2** і роботу виконують так, як на точках **Б** і **1**.

### 3.10.Зйомка ситуації та рельєфу місцевості.

Зйомку ситуації і рельєфу проводять одночасно полярним способом з точок висотно – теодолітного ходу, геометричної мережі, мензульного ходу і перехідних точок.

Ставлять мензулу над однією із точок теодолітного ходу і приводять її в робочий стан: орієнтують планшет по двом сторонам ходу, вимірюють висоту інструменту. В подальшому реєчник послідовно встановлює рейку на характерні контурні і висотні точки місцевості.

При КЛ суміщають на планшеті скошене ребро лінійки кіпрегеля з точкою, над котрою мензула відцентрована, і наводять зорову трубу на рейку, яка знаходиться на точці яку знімаємо таким чином, щоб вертикальна нитка сіток пройшла через вісь рейки. В цьому положенні закріплюють трубу кіпрегеля і обертанням мікрогвинта центральну точку сітки ниток суміщають з точкою рейки, що відповідає висоті приладу. По далекомірним ниткам (верхній та нижній) беруть відлік. Різницю відліків множать на коефіцієнт далекоміра  $s$  і одержують відстань (в метрах) від переднього фокуса труби кіпрегеля до рейки. По вертикальному кругу роблять відліки і розраховують кут  $v$  нахилу лінії візування. Якщо кут нахилу лінії візування  $v < 2^\circ$ , то відстань, виміряну далекоміром, приймають за горизонтальне прокладення і в масштабі плану його відкладають вздовж скошеної сторони лінійки кіпрегеля від точки, над котрою центрують мензулу. Потім наколюють на планшеті пікетну точку.

Якщо кут  $v$  лінії візування  $v > 2^\circ$ , то розраховують горизонтальне прокладення виміряної по далекоміру відстані, котру і відкладають на планшеті.

Кути  $v$  нахилу при візуванні на пікетні точки розраховують по формулі  $v = MO - KL$

Відмітки пікетних точок Н р.т. розраховують з точністю до 0,01м. На планшеті біля кожної реєчної точки в чисельнику пишуть номер точки, а в знаменнику її відмітку.

Після нанесення на планшет декількох точок якого небудь контура їх з'єднують прямими лініями і одержують контур об'єкта який знімають. На плані мензульної зйомки цей контур креслять умовним знаком і підписують його назву.

## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРА

1. Мороз О. І. Топографія : навч. посіб. / О. І. Мороз. – Львів : Львівська політехніка, 2016. – 219 с.
2. Баран П. І. Топографія та інженерна геодезія : підручник / П. І. Баран, М. П. Марущак. - К. : Знання України, 2015. - 463 с.
3. Геодезія : навч. посіб. / В. В. Горлачук, І. М. Семенчук, О. В. Анисенко [та ін.]. – Херсон : Олді-плюс, 2015. – 252 с.
4. Геодезія : навч. посіб. : Ч. 1. Топографія / А. Л. Островський, О. І. Мороз, З. Р. Тартачинська [та ін.]. – Львів : Львівська політехніка, 2011. – 439 с.
5. Новак Б. І. Геодезія : навч. посіб. / Б. І. Новак, Л. П. Рафальська, О. П. Жук ; за заг. ред. І. П. Ковальчука. – К. : Компрінт, 2013. – 301 с.
6. Войтенко С. П. Інженерна геодезія : підручник / С. П. Войтенко. – 2-ге вид., виправл. і доп. – К. : Знання, 2012. – 574 с.

Навчальне видання

## ТОПОГРАФІЯ

Методичні рекомендації

Укладач: **Задорожній** Юрій Володимирович

Формат 60х84 1/16. Ум. друк. арк. 3,0.

Тираж 30 прим. Зам. № \_\_\_\_\_

Надруковано у видавничому відділі  
Миколаївського національного аграрного університету  
54020, м. Миколаїв, вул. Георгія Гонгадзе, 9

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4490 від 20.02.2013р.

