

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет агротехнологій

Кафедра землеробства, геодезії та землеустрою

ТОПОГРАФІЯ

Методичні рекомендації

для виконання практичних робіт здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти ОПП «Геодезія та землеустрій» спеціальності G 18 «Геодезія та землеустрій» денної форми здобуття вищої освіти

МИКОЛАЇВ
2026

УДК 528(076.5)
Т58

Друкується за рішенням науково-методичної комісії факультету агротехнологій Миколаївського національного аграрного університету від 14.05.2024 р. протокол № 8.

Укладач:

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

Рецензенти:

О. В. Письменний – кандидат с.-г. наук, доцент, доцент кафедри ґрунтознавства та агрохімії, Миколаївський національний аграрний університет.

Л. А. Бульба – директор ФОП «Бульба Л.А.», Баштанський район, Миколаївська область.

©Миколаївський національний
аграрний університет, 2026

ЗМІСТ

Вступ	4
ПРАКТИЧНА РОБОТА 1 МАСШТАБИ	5
1.1 Числовий масштаб.....	5
1.2 Лінійний масштаб.....	5
1.3 Поперечний масштаб.....	9
ПРАКТИЧНА РОБОТА 2 ТЕОДОЛІТНА ЗЙОМКА	13
2.1 Будова теодоліту.....	13
2.2 Установка приладу в робоче положення.....	16
2.3 Принцип вимірювання горизонтального кута.....	17
2.4 Вимірювання кутів.....	19
2.5 Проведення теодолітної зйомки.....	19
2.6 Обробка результатів теодолітної зйомки.....	23
2.7 Побудова плану.....	27
ПРАКТИЧНА РОБОТА 3 ВИЗНАЧЕННЯ ПЛОЩ	31
3.1 Графічний спосіб визначення площ.....	31
3.2 Механічний спосіб визначення площ.....	33
3.3 Підготовка планіметра до роботи.....	35
3.4 Порядок роботи.....	36
Список літератури	39

ВСТУП

Топографія – галузь науки, що вивчає топографічну карту як модель земної поверхні, а також методи її створення та використання. Вона нерозривно пов'язана з геодезією, наукою, що вивчає фігуру та розміри Землі. Важливу роль при геологічному зніманні та картуванні, у пошуках та розвідці родовищ корисних копалин, а також при їх освоєнні та розробці відводиться геодезії та топографії. Геологи, перш ніж приступити до виконання своїх основних завдань, звертаються до топографічної карти, яку створили геодезисти і топографи. Геодезія та топографія передують і супроводжують увесь процес геологорозвідувальних робіт. «Топографія» є нормативною навчальною дисципліною для підготовки фахівців геологічних спеціальностей.

Мета навчальної дисципліни – дати здобувачам вищої освіти базові знання з теорії розробки й удосконалення методів створення топографічних карт, способів зображення на них земної поверхні, вивчення властивостей, способів та правил їх використання у вирішенні наукових та практичних задач, а також сформувати належні практичні навички.

Основні завдання навчальної дисципліни:

- сформувати поняття про топографічну карту як про графічну модель реальної місцевості;
- ознайомити студентів із сутністю та теоретичними основами створення топографічних карт та планів;
- навчити правильно застосовувати методичний інструментарій використання топографічних карт для вирішення наукових та практичних задач.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 1

Тема: «МАСШТАБИ»

Ступінь лінійного зменшення будь - якого зображення в порівнянні з натурою, виражена відношенням довжини лінії на папері до горизонтального прокладення відповідної лінії на місцевості, називається масштабом.

Таке визначення поняття масштабу дійсне для плану та профілю. Масштаби бувають числові та графічні.

1.1 Числовий масштаб.

Числовим масштабом називається дріб, у якому чисельник дорівнює одиниці, а знаменник - числу, що вказує, в скільки разів зменшено на папері горизонтальне прокладення лінії місцевості. 1/1000 те ж саме, що і 1:1000; 1/2000 – те ж саме, що і 1:2000. Наприклад, масштаб 1:1000 вказує на те, що 1см на папері відповідає 1000см або 10м на місцевості.

У геодезії користуються стандартними масштабами: 1:200; 1:500; 1:1000; 1:2000; 1:5000; 1:10000; 1:25000 і т.д.

Числовий масштаб зображується в південній частині плану чи профілю.

За допомогою числового масштабу вирішують дві основні задачі:

- 1) по довжині лінії на місцевості (її проекції), що позначається буквою D, визначають d - її довжину на карті та плані.

Приклад: D - 367м, масштаб 1: 5000 $d = 367:50 = 7,34$ см

- 2) по довжині лінії, що виміряна на плані чи карті, розраховують D - довжину її на місцевості.

Приклад:

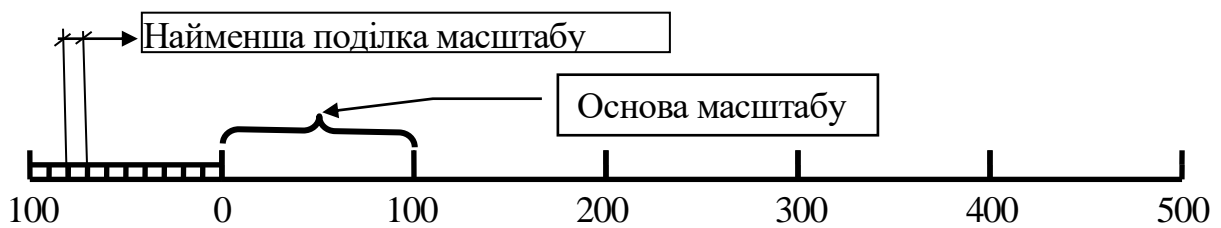
d= 4,6см, масштаб 1:10000 $D = 4,6 * 10000 = 46000\text{см} = 460$ м

1.2 Лінійний масштаб

Лінійний масштаб являє собою діаграму, яку використовують для механічного переводу довжин ліній на місцевості в довжини ліній на плані або карті і навпаки.

Будується лінійний масштаб таким чином. На прямій лінії, яку малюють у південній частині плану чи карти, відкладають 5-6 разів відрізок 1; 2 чи 2,5см, який

називається основою масштабу. Кінці цього відрізка обмежують на прямій перпендикулярними штрихами. Крайню ліву основу ділять на 10 рівних частин, кожна з яких називається найменшою поділкою масштабу. Потім масштаб підписують. За початок відліку на лінійному масштабі (що позначається нулем) приймають правий кінець крайньої лівої основи. Вправо від нуля підписують кількість метрів на місцевості, а вліво їх долі (рис.1.1).



М 1: 10000

Рис.1.1. Лінійний масштаб

Для визначення довжини лінії на місцевості по довжині цієї лінії на плані виконують такі дії:

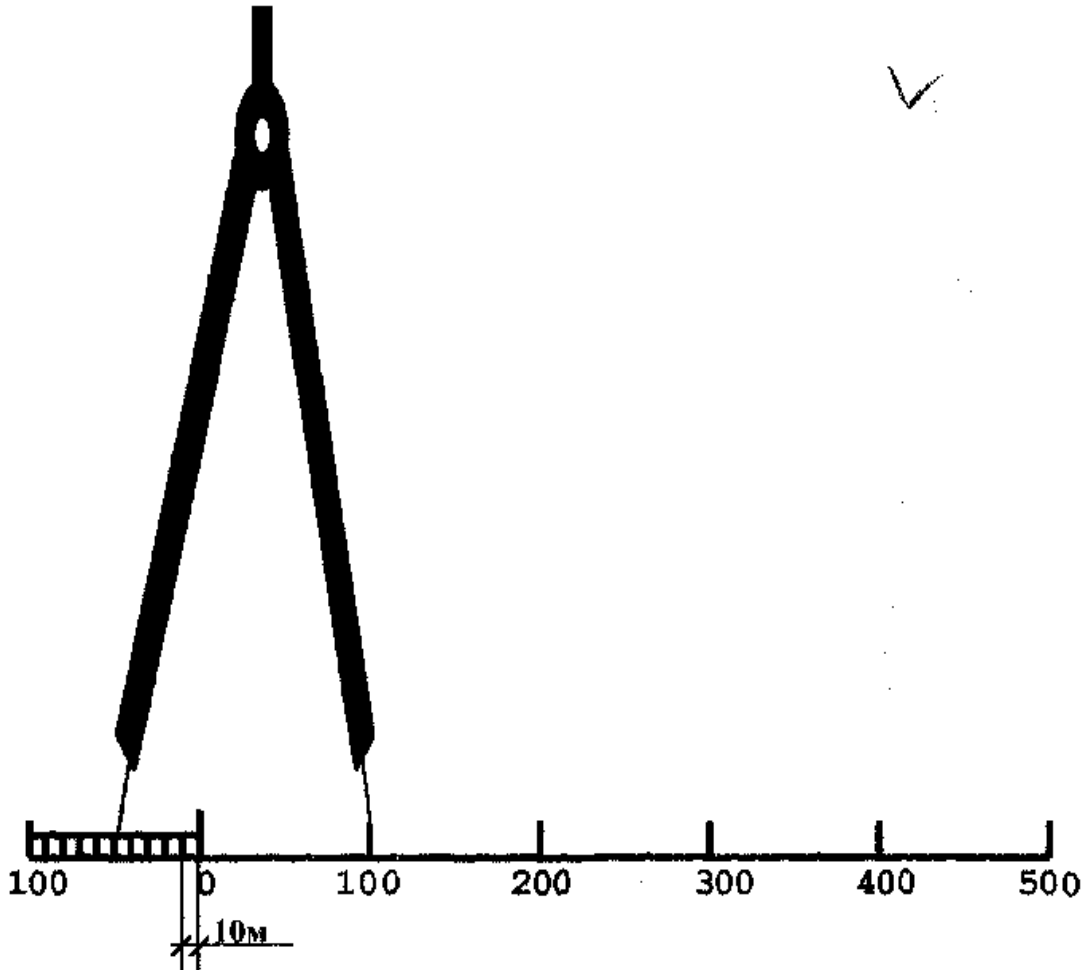
- беруть розхилом вимірювача лінію з плану чи карти;
- праву ніжку вимірювача прикладають до однієї з основ масштабу таким чином, щоб ліва ніжка вимірювача обов'язково знаходилась в межах крайньої лівої основи (якщо розхил вимірювача менше основи масштабу, то права ніжка ставиться на нуль);
- довжину лінії визначають шляхом додавання кількості метрів, які містяться в цілих поділках від 0 до правої ніжки вимірювача і в найменших поділках від 0 до лівої ніжки вимірювача.

Приклади розв'язування таких задач наведено на рисунках 2,3.

Для виконання оберненої задачі побудови на плані чи карті лінії за її довжиною, вимірної на місцевості, спочатку подумки визначають, яка кількість цілих основ та найменших поділок лінійного масштабу відповідає лінії на місцевості, а потім узятий за лінійним масштабом розхил вимірювача переносять на план чи карту.

Приклади:

1) Довжина лінії більше основи

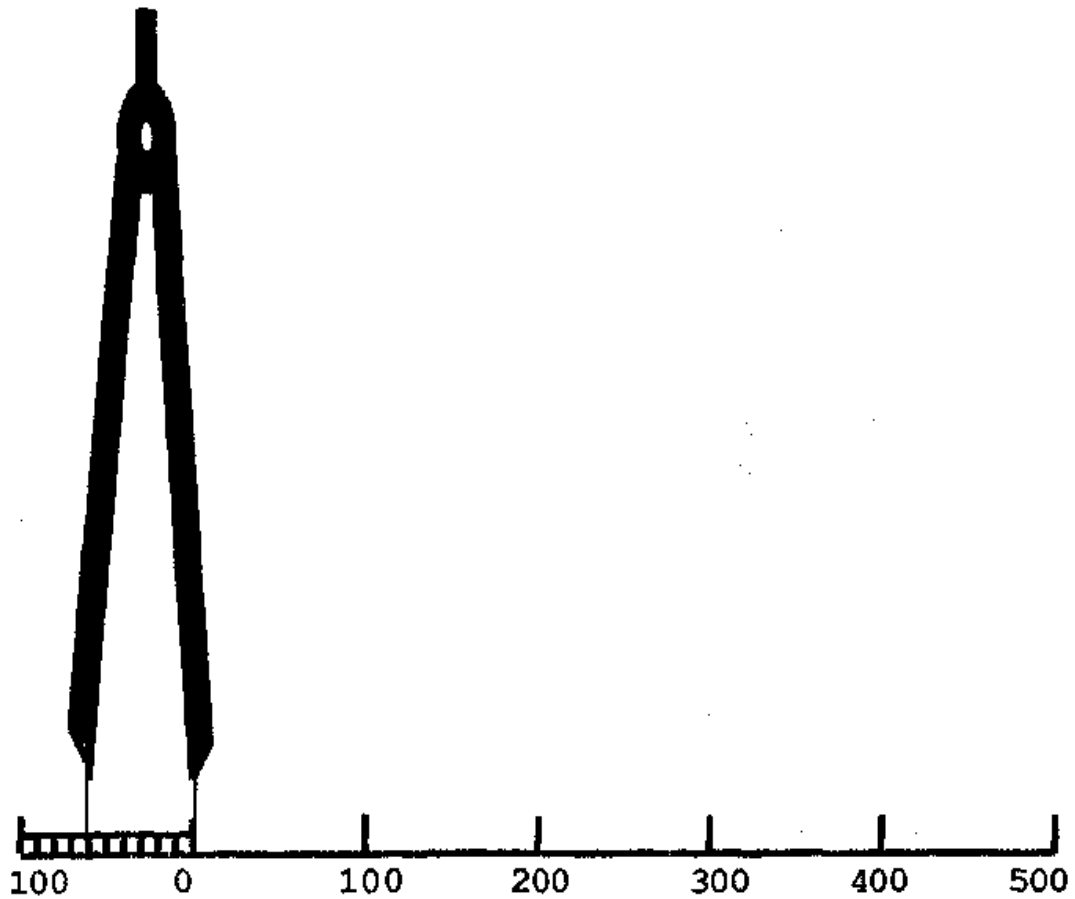


Довжина лінії на місцевості: $D=150\text{м}$

M 1: 10000

Рис.1.2. Порядок переведення довжини лінії на місцевості 150м в довжину лінії на плані

2) Довжина менше основи



Довжина лінії на місцевості: $D=60\text{м}$

M 1:10000

Рис.1.3. Порядок переведення довжини лінії на місцевості 60м
в довжину лінії на плані

У разі, коли довжина лінії перевищує довжину лінійного масштабу, вимірювання ведеться частинами. Основний недолік лінійного масштабу в тому, що долі найменших поділок у крайній лівій основі визначаються окомірно. Для запобігання окомірної оцінки найменших поділок використовують поперечний масштаб.

Самий малий з них q називається найменшою поділкою поперечного масштабу.

Значення найменшої поділки поперечного масштабу вираховується за формулою:

$$q = \frac{l}{m * n}$$

де: l -довжина (в масштабі) основи масштабу; m - кількість поділок на відрізку ТС;

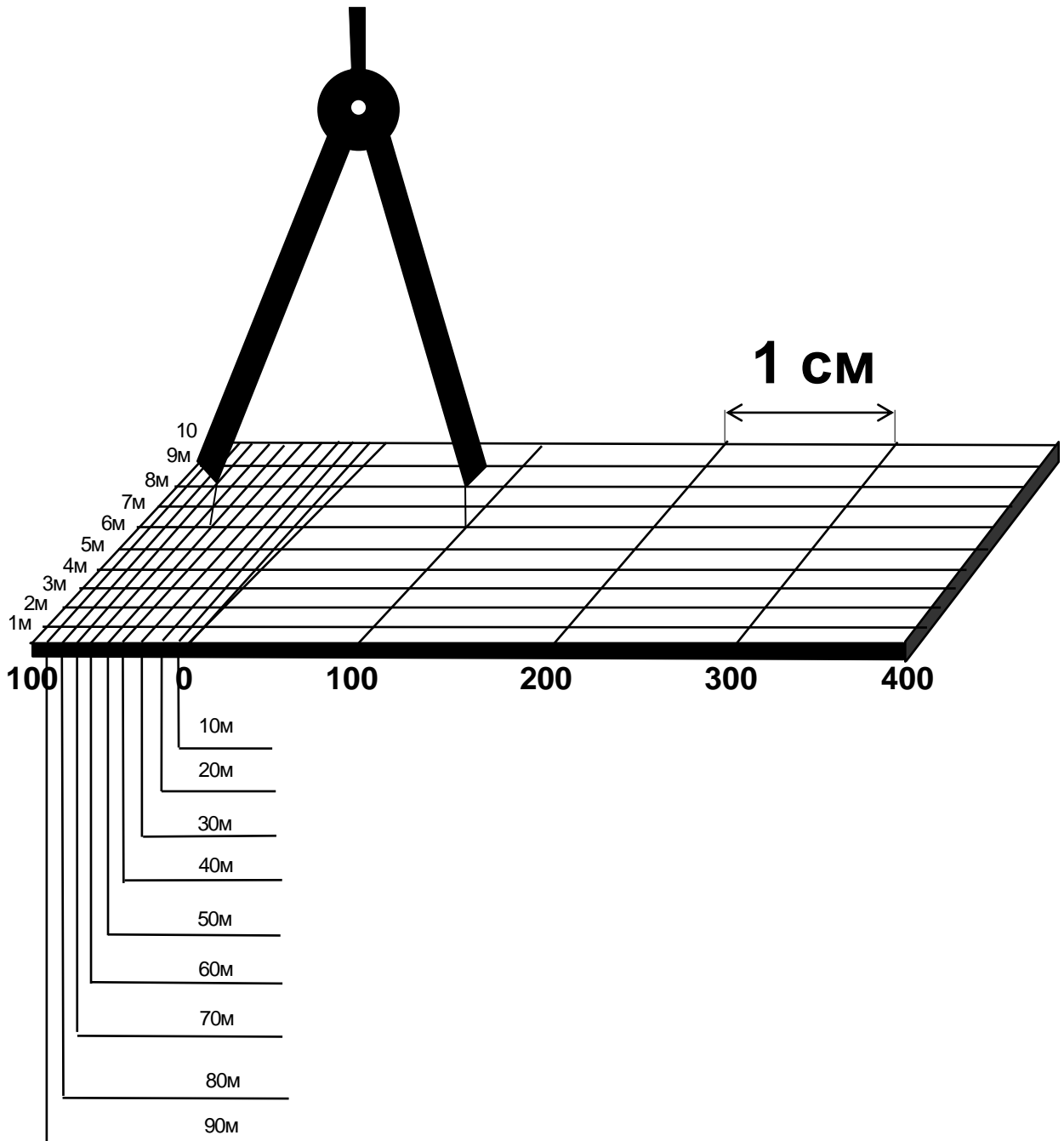
n - кількість поділок на відрізку ТК

Для визначення довжини лінії на місцевості необхідно розхилом вимірювача взяти довжину лінії на плані і перенести на нижню горизонтальну лінію поперечного масштабу, розташовуючи при цьому праву ніжку вимірювача на одному з перпендикулярів справа від нуля, а ліву в межах лівої крайньої основи. Якщо ніжки вимірювача точно збігаються із поділками масштабу на нижній горизонтальній лінії, то зразу роблять розрахунок відстані (в м).

У разі коли ліва ніжка вимірювача не збігається з поділкою на горизонтальній лінії масштабу, необхідно вимірювач поступово піднімати вверх (при цьому права ніжка має бути на одному з перпендикулярів до нижньої лінії) поки ліва ніжка не розташується на одній з паралелей. Для визначення довжини лінії на плані необхідно подумки визначити, скільки цілих основ на поперечному масштабі відповідає довжині лінії на місцевості. Після цього праву ніжку вимірювача встановлюємо на перпендикуляр, нарізаний на поверхні лінійки канавкою, що відсікає визначену кількість основ з правого боку від нуля, а ліва має бути розташована в межах крайньої лівої основи (якщо довжина лінії менша довжини основи, то праву ніжку розташовують на нульовому перпендикулярі). Якщо ніжки вимірювача збіглися з поділками масштабу, то лінію одразу ж відкладаємо на плані. В іншому разі необхідно вимірювач з невеликим зусиллям провести по канавці перпендикуляру та трансверсалі до розрахункової цифри, в результаті чого розхил вимірювача автоматично розкриється на необхідну довжину, яку і відкладемо на плані. Приклади розв'язання таких задач наведено на рисунках 1.5,1.6.

Приклади :

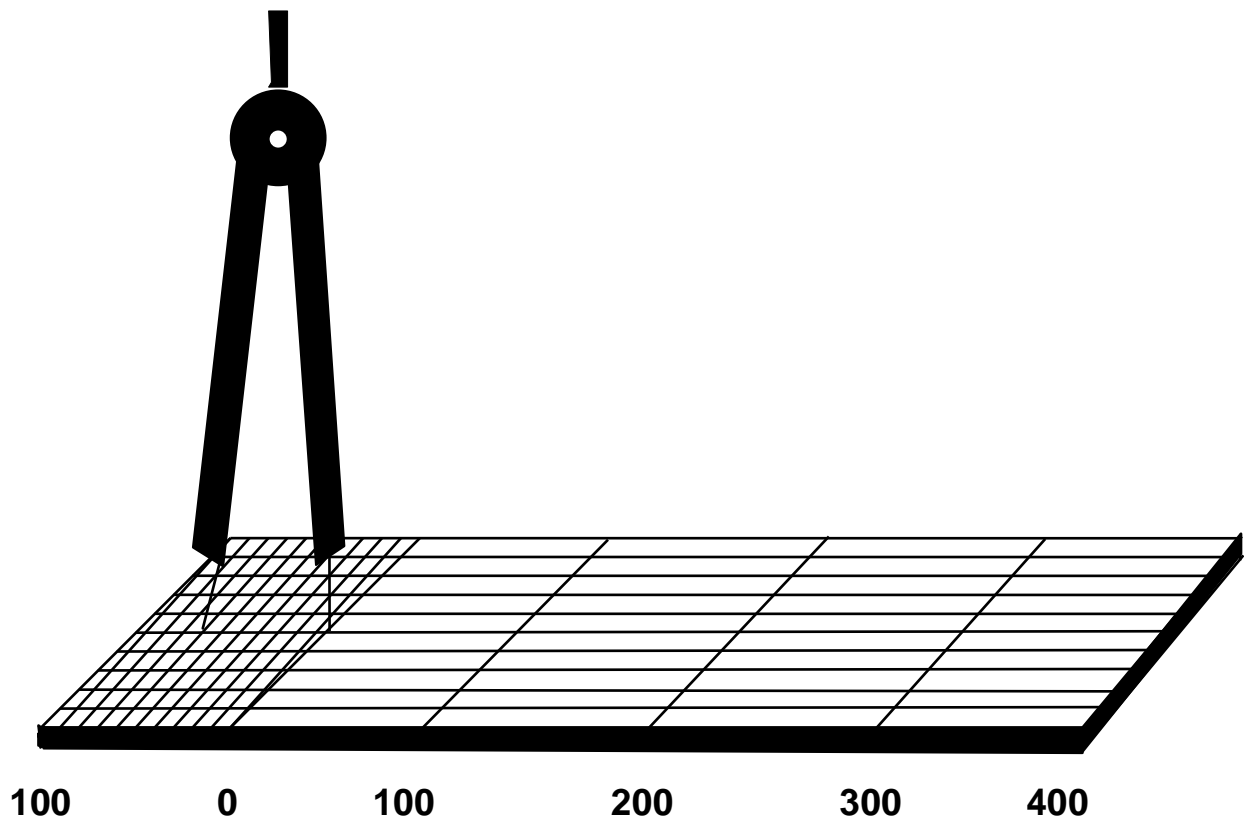
1) Довжина лінії більше основи.



M 1: 10000

Рис.1.5. Порядок переведення довжини лінії на місцевості 156 м в довжину лінії на плані

2) Довжина лінії менше основи



M1:10000

Рис.1.6. Порядок переведення довжини лінії на місцевості
65 м в довжину лінії на плані

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 2

Тема: «ТЕОДОЛІТНА ЗЙОМКА»

2.1 Будова теодоліту.

Теодоліт це прилад призначений для вимірювання горизонтальних та вертикальних кутів.

Оптична труба обома кінцями може переводитися через зеніт. Фокусування її на ціль здійснюється обертанням кремальєри 1(рис.2.1). Обертанням діоптрийного кільця 9(рис.2.2) окуляр встановлюють по оку до різкого зображення сітки ниток. Дві горизонтальні короткі нитки сітки ниток вище і нижче перехрестя відносяться до нитяного далекоміру (рис.2.3).

Корпус зорової труби являє собою одне ціле з горизонтальною віссю, яка встановлена в лагерах колонки 4(рис.2.1).

Коліматорний візир 3(рис.1). призначений для неточного наведення на ціль. При користуванні візиром око повинно бути на відстані 25...30 см від візиру.

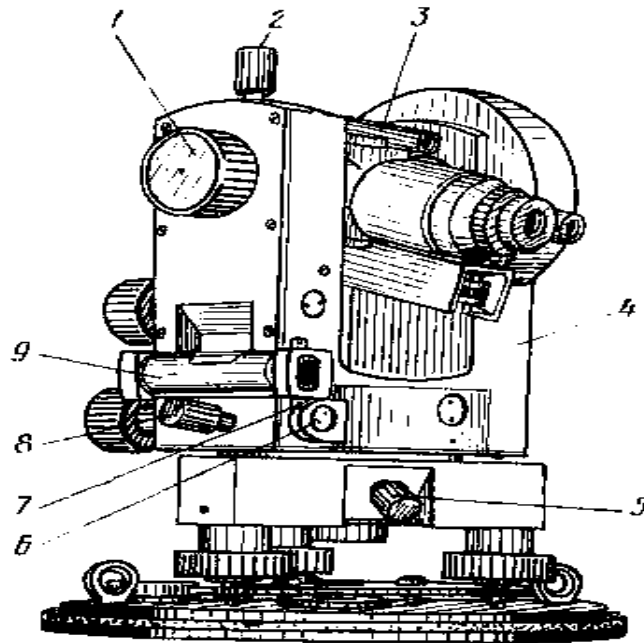
Точне наведення зорової труби на предмет здійснюється наводячим гвинтом 11(рис.2.2) після закріплення алідади гвинтом 8(рис.2.1), а в вертикальній площині – навідним гвинтом 10(рис.2.2) після закріплення гвинтом 2(рис.2.1). Обертання теодоліту разом з горизонтальним кругом проводять гвинтом 1(рис.2.2). Для повороту алідади з кругом гвинт 5 відкріплюють, а гвинт 8 закріплюють(рис.2.1).

Горизонтальний та вертикальний круги поділені через 1°. Горизонтальний круг має оцифровку від 0 до 359, а вертикальний круг – секторну від 0 до 75 і від 0 до мінус 75.

Відлік проводиться по шкалам. Зображення штрихів та цифр обох кругів передаються в поле зору мікроскопа, окуляр 2(рис.2.2) котрого встановлюють по оку до появи чіткого зображення шкал обертанням діоптрийного кільця.

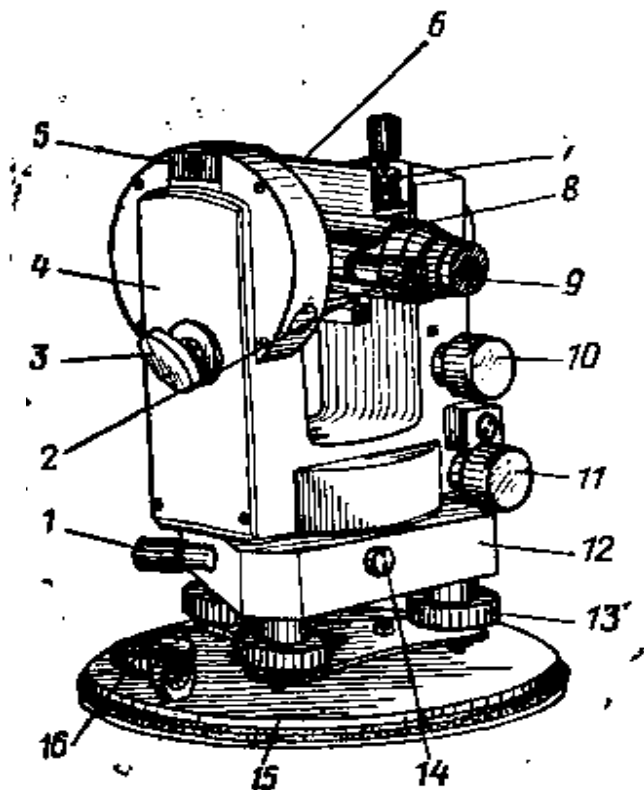
Теодоліт встановлюють в горизонтальне положення по рівню 9(рис.2.1) обертанням під'ємних гвинтів 13 підставки 12(рис.2.2).

Для роботи прилад встановлюють на штатив(рис.2.4).



1-крамальєра; 2-закріплювальний гвинт труби;
3-візир; 4- колонка; 5- закріплювальний гвинт
горизонтального круга; 6-гільза; 7- юстировочий
гвинт; 8- закріплювальний гвинт алідади; 9-
рівень при алідаді

Рис. 2.1. Вигляд теодоліта збоку



1-навідний гвинт горизонтального
круга; 2-окуляр мікроскопа; 3-зер-
кало підсвічування; 4-бокова кри-
шка; 5- паз для бусолі; 6-рівень при
трубі; 7-юстировочна гайка; 8-
ковпа-чок; 9- діоптрійне кільце
окуляра; 10- навідний гвинт труби;
11- навідний гвинт алідади; 12-
підставка; 13- під'є-мні гвинти; 14-
втулка; 15-основа; 16-кришка

Рис. 2.2. Загальний вигляд теодоліта

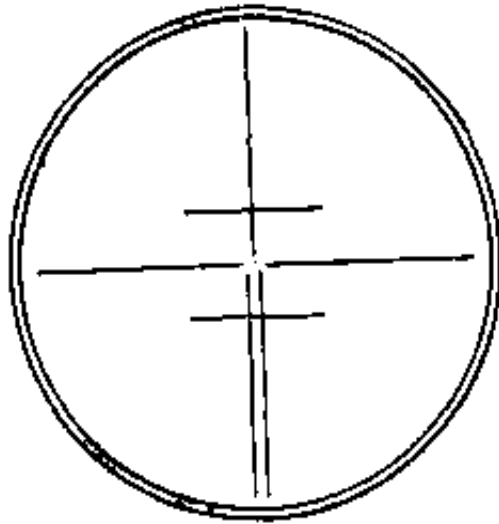
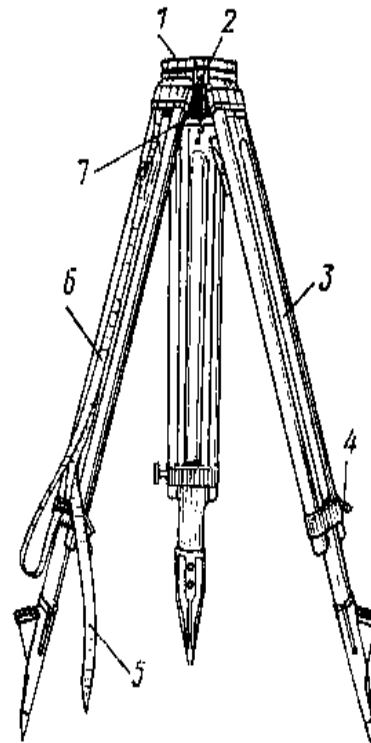


Рис. 2.3. Сітка ниток зорової труби



1-головка; 2-гвинт; 3-ніжка;
4-гвинт; 5,6-ремені;
7-становий гвинт
Рис. 2.4. Штатив

2.2 Установка приладу в робоче положення.

Установка приладу в робоче положення включає в себе наступні дії:

- центрування приладу над станцією;
- приведення основної осі приладу в вертикальне положення;
- установка зорової труби для спостереження;

Центрування приладу над станцією.

Центрування в першому наближенні виконують переміщенням штативу. Для цього, держачи в руках дві ніжки штативу, на котрому закріплений теодоліт, встромлюють третю його ніжку в землю. Притримуючи теодоліт, змінюють положення штативу так, щоб вістря підвішеного виска розташувалось поблизу (до 2см) від центра кілка. Головка штативу повинна знаходитися приблизно в горизонтальному положенні. Пристрій необхідно встановити на таку висоту, щоб спостерігачу було зручно працювати. При досягненні такого положення ніжки приладу, що знаходяться в руках, одночасно опускають на землю і нажимаючи ногою на виступи більш точно встановлюють теодоліт над вершиною кута і надають пристрою зручного положення. Потім послабивши становий гвинт проводять кінцеве центрування рухаючи теодоліт по головці штативу.

Приведення основної осі приладу в вертикальне положення.

Ця операція проводиться в два етапи. Попередня установка здійснюється на око. Для цього головку штативу встановлюють приблизно в горизонтальне положення. Кінцеву установку проводять за допомогою циліндричного рівня при алідаді горизонтального круга(рис.2.5).

Для цього вісь рівня встановлюють паралельно лінії яка проходить через два довільних під'ємних гвинта і обертаючи їх приводять бульку в нульпункт. Далі повертаємо прилад на 90° і працюючи третім під'ємним гвинтом виводимо бульку в нульпункт.

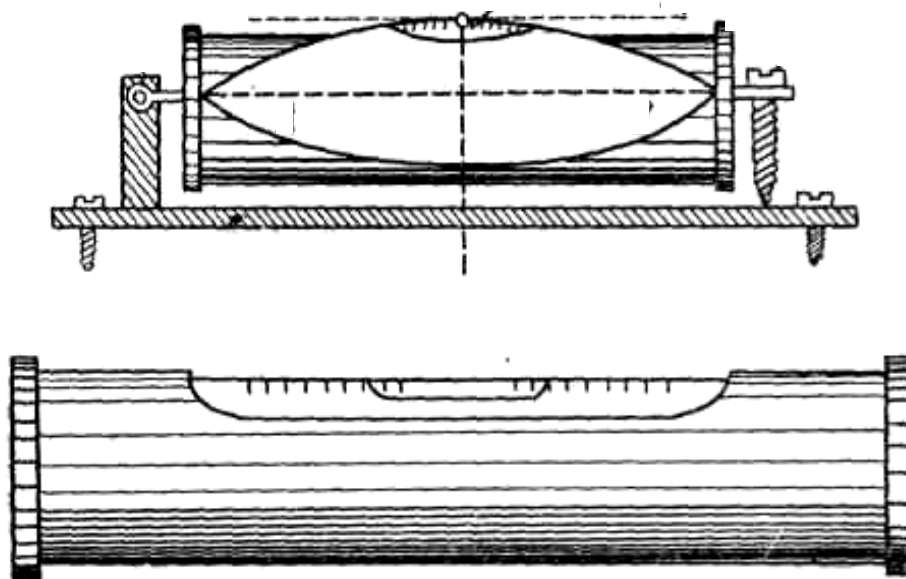


Рис. 2.5. Циліндричний рівень

2.3 Принцип вимірювання горизонтального кута

Уявимо, що необхідно знайти горизонтальну проекцію кута ABC на місцевості(рис.2.6). Для цього необхідно спроектувати цей кут на горизонтальну площину P . вертикальними площинами H і Q , що проходять через сторони AB і BC кута. Між цими площинами утворюється двогранний кут β на площині P , значення котрого і потрібно виміряти, так як він представляє собою шукану горизонтальну проекцію кута ABC місцевості і називається горизонтальним кутом.

Можна уявити, що кут, який дорівнює куту β можна одержати в будь-якій площині, паралельній площині P , яка пересікається з ребром bb' .

Виходячи з цієї властивості для вимірювання градусної величини кута β горизонтальну площину у вигляді горизонтального круга з градусними поділками встановлюють в точці O ребра bb' , котра розташована приблизно на рівні очей зйомника.

2.4 Вимірювання кутів.

Горизонтальні кути вимірюють способом прийомів або повторень при двох положеннях теодоліту (вертикальний круг зліва та справа від спостерігача).

Недопустиме вимірювання горизонтальних кутів півприйомами (при одному положенні теодоліту), так як результати вимірювань будуть хибними під впливом ексцентриситету аліади горизонтального круга, а при вимірюванні кута між цілями, розташованими під різними кутами відносно горизонту, будуть також викривлені впливом колімаційної похибки, та нахилу горизонтальної осі. При вимірюванні повним прийомом похибки приладу виключаються.

Вертикальні кути α розраховують по одній із формул:

$$\alpha = 0,5 (\text{КЛ-КП})$$

$$\alpha = \text{КЛ-МО}$$

$$\alpha = \text{МО-КП}$$

де: КЛ- відлік лімба вертикального круга при його положенні зліва відносно спостерігача; КП- відлік лімба вертикального круга при його положенні справа відносно спостерігача; МО- місце нуля вертикального круга;

Ціна поділки шкал відповідає $5'$, з округленням до $30''$. Індексом для відліку є штрих лімба. Шкала для вертикального круга має два рядка цифр. По нижньому рядку цифр зі знаками «-» беруть відлік в тому випадку, коли в межах шкали знаходиться штрих лімба з тим же знаком та записують показання з тим же знаком. В нашому випадку відлік по горизонтальному кругу складає $125^{\circ} 05,5'$, а по вертикальному - $0^{\circ} 26'$ (рис.2.7).

2.5 Проведення теодолітної зйомки

В тих випадках коли координати вершин теодолітного ходу необхідно розрахувати в єдиній державній системі, ці ходи прив'язують до пунктів державної опорної мережі. Прив'язка передбачає вимірювання які проводяться з метою передачі кутів орієнтування і координат з пунктів державної опорної мережі на точки теодолітного ходу.

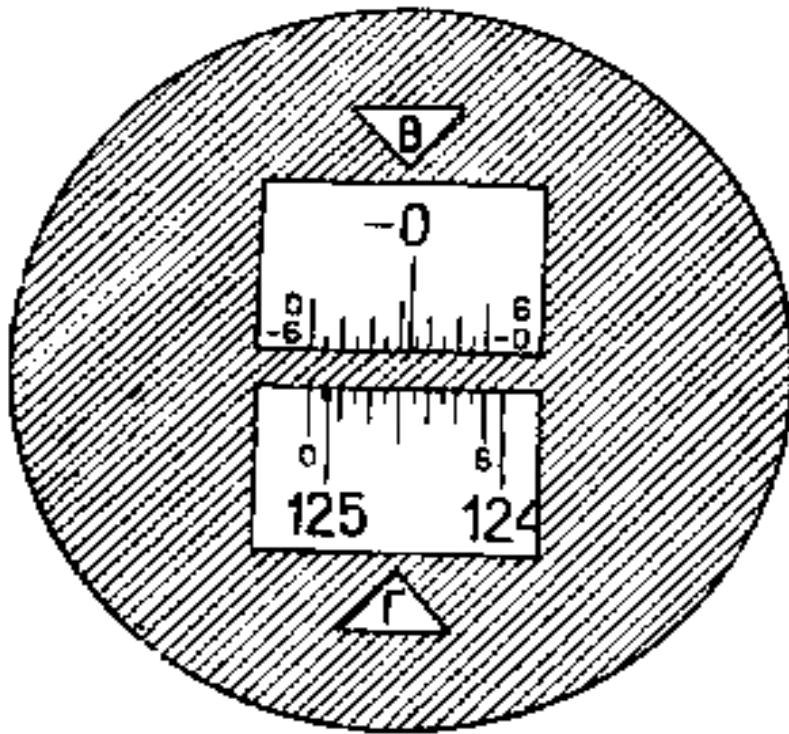


Рис. 2.7. Принцип вимірювання горизонтального кута

В нашому випадку це вимірювання при прив'язці замкнутого ходу до пунктів А і В (рис.2.8).

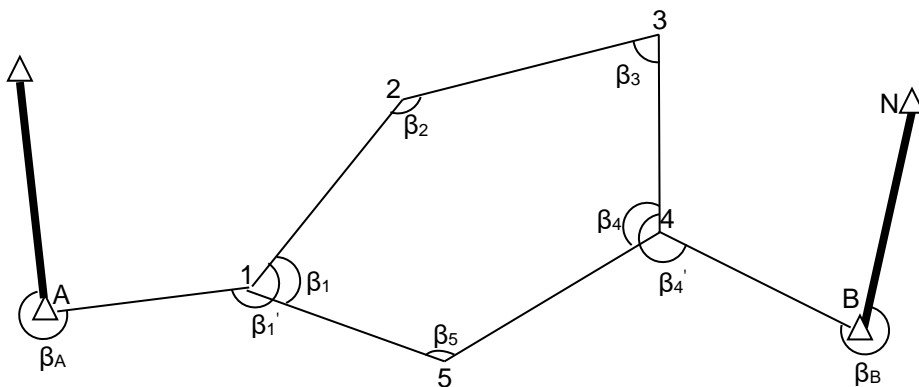


Рис. 2.8. Схема теодолітного ходу

При візуванні на точку місцевості в оптичній трубці спостерігається перевернуте зображення(рис.2.9).

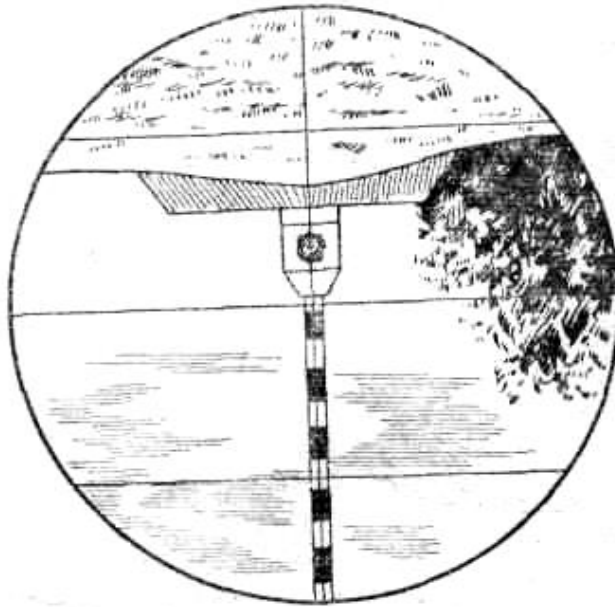


Рис. 2.9. Візування на точку місцевості

Для орієнтування ліній ходу, одночасно з наведенням теодолітної труби на напрямки, що утворюють кути, визначають за допомогою бусолі їх магнітні азимути або румби(рис 2.10).

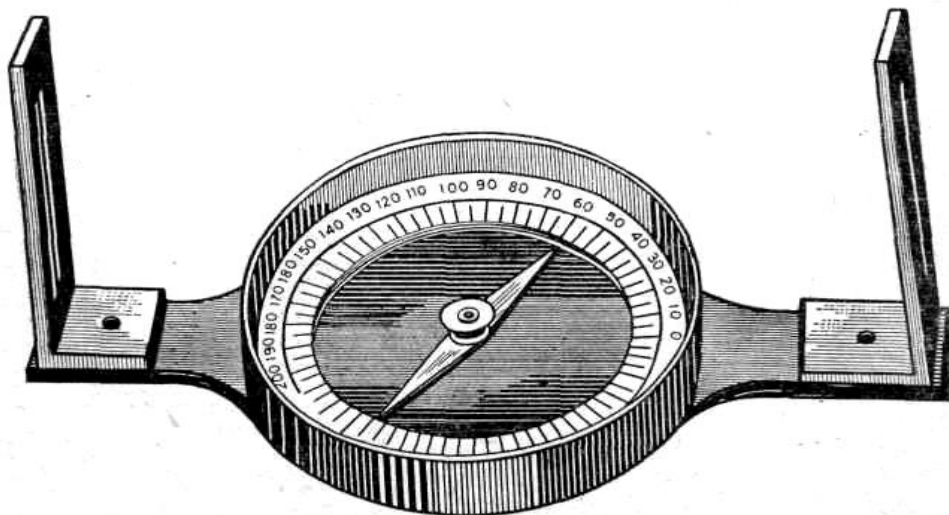


Рис. 2.10. Бусоль

Відомо, що для орієнтування полігону необхідно визначити азимут або румб однієї сторони однак зазвичай визначають азимути всіх сторін. Допустима розбіжність у величині кута визначеного по горизонтальному кругу і визначеного по

його азимуту не повинна перевищувати 30', бо в іншому випадку розрахунки повторюються.

Визначивши значення кута, за допомогою рулетки, світлодалекоміра або мірної стрічки, вимірюють довжину послідувачої по ходу лінії в прямому і оберненому напрямках(рис.2.11,2.12,2.13).

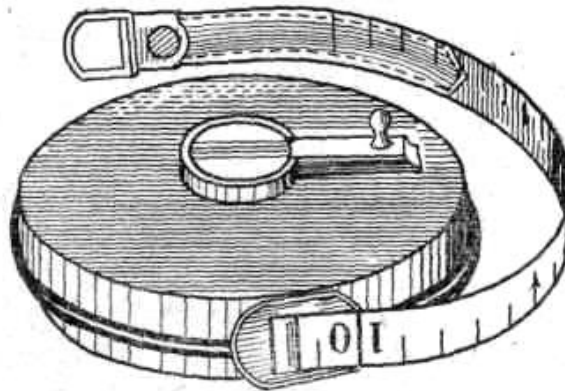


Рис. 2.11. Рулетка

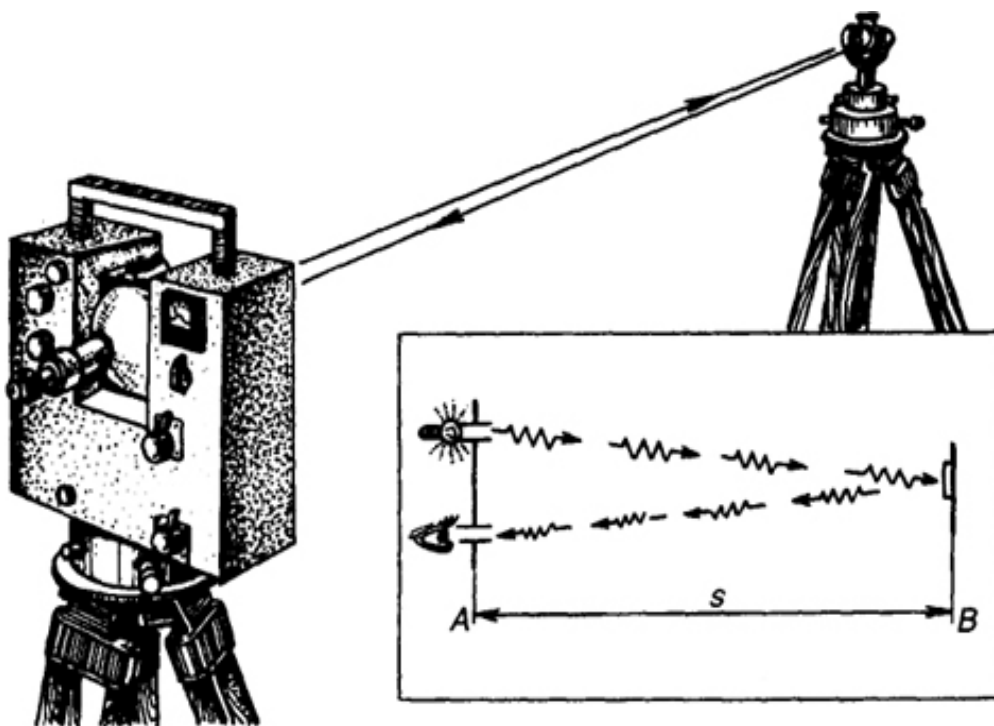


Рис. 2.12. Світлодалекомір

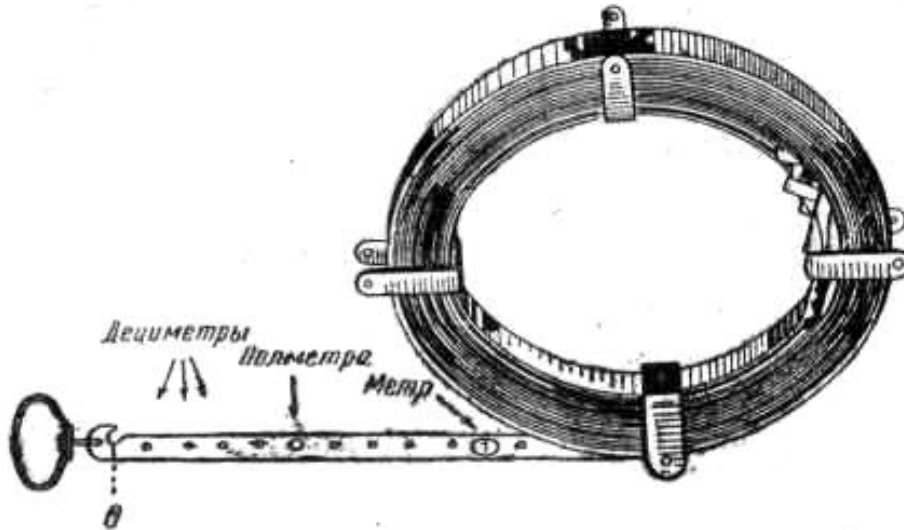


Рис. 2.13. Мірна стрічка

Дані теодолітної зйомки заносять в «Журнал теодолітної зйомки»(табл.2.1) .

Таблиця 2.1

Журнал теодолітної зйомки

№ пунктів		Значення по відліковому механізму	Величина кута	Середня	Прямі та обернені магнітні азимуту	Кут нахилу	Горизонтальні прокладення
станція	напрямок						
		Круг право					
		Круг ліво					

2.6 Обробка результатів теодолітної зйомки.

Після проведення теодолітної зйомки проводиться камеральний обробіток польових вимірювань які занесені в польовий журнал.

1.Визначення кутових нев'зок і ув'зка кутів.

Як відомо теоретична сума кутів багатокутника виражається формулою:

$$\sum \beta_0 = 180^\circ(n-2) \quad 2.1$$

де: n-кількість кутів ходу.

Однак вимірювання кутів теодолітом супроводжується рядом похибок, що призводить до деякого відхилення суми виміряних кутів $\Sigma\beta_v$ від теоретичної $\Sigma\beta_t$. Це відхилення має назву кутової нев'язки f_β і розраховується за формулою:

$$f_\beta = \Sigma\beta_v - \Sigma\beta_t \quad 2.2$$

Ця нев'язка не повинна перевищувати граничну величину, котру визначають за формулою:

$$\Delta\beta = \pm 1'\sqrt{n} \quad 2.3$$

де: n- кількість кутів ходу.

Необхідно щоб $f_\beta \leq \Delta\beta$.

У тому випадку коли одержана кутова нев'язка допустима, тобто менше або дорівнює допустимій, вводять поправки:

$$\sigma = -\frac{f_\beta}{n} \quad 2.4$$

де: f_β - кутова нев'язка, n-кількість кутів багатокутника. Розподілення кутової нев'язки називають ув'язкою кутів.

2. Розрахунок дирекційних кутів та румбів.

Після ув'язування кутів, знаючи дирекційний кут початкової сторони α_n , послідовно розраховують дирекційні кути всіх інших сторін полігону за формулами:

$$\alpha_i = \alpha_{i-1} + 180^\circ - \beta_{\text{пр}} \quad 2.5$$

$$\alpha_i = \alpha_{i-1} - 180^\circ + \beta_{\text{лів}} \quad 2.6$$

де: $\beta_{\text{пр}}$ і $\beta_{\text{лів}}$ - виправлені справа або зліва по ходу розташовані кути.

Контролем правильності розрахунку дирекційних кутів замкнутого полігону являється одержання дирекційного кута вихідної сторони.

Від розрахованих дирекційних кутів переходять до румбів, використовуючи залежності(табл.2). Зв'язок між азимутами та румбами показано на рис.2.14.

Таблиця 2.2

Залежність між азимутами та румбами

Четверть	Название румба	Определение румбов по азимутам	Определение азимут-ов по румбам
I	СВ	$r = A$	$A = r$
II	ЮВ	$r = 180^\circ - A$	$A = 180^\circ - r$
III	ЮЗ	$r = A - 180^\circ$	$A = 180^\circ + r$
IV	СЗ	$r = 360^\circ - A$	$A = 360^\circ - r$

3. Розрахунок приросту координат.

Розрахувавши дирекційні кути розраховуємо приріст координат за формулами:

$$\Delta x = d \cos \alpha \quad 2.7$$

$$\Delta y = d \sin \alpha \quad 2.8$$

4. Ув'язка приросту координат.

Оскільки приріст координат являється проекцією сторін ходу на вісі координат,

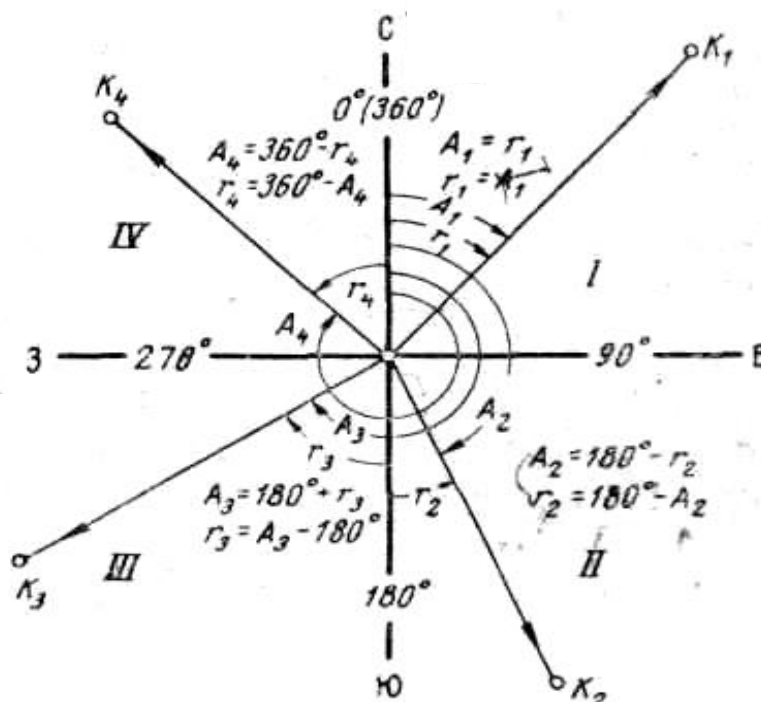


Рис. 2.14. Зв'язок між азимутами та румбами

то сума цих проекцій на кожну вісь в замкнутому полігоні дорівнює нулю, тобто:

$$\sum \Delta x_{\text{теор.}} = 0 \quad 2.9$$

$$\sum \Delta y_{\text{теор.}} = 0 \quad 2.10$$

Послідовно розраховували приріст координат по всьому ходу, додають їх по кожній осі і одержані суми $\sum \Delta x_{\text{розрах.}}$ і $\sum \Delta y_{\text{розрах.}}$ порівнюють з теоретичними сумами приростів координат.

$$f_x = \sum \Delta x_{\text{розрах.}} - \sum \Delta x_{\text{теор.}} = \sum \Delta x_{\text{розрах.}} \quad 2.11$$

$$f_y = \sum \Delta y_{\text{розрах.}} - \sum \Delta y_{\text{теор.}} = \sum \Delta y_{\text{розрах.}} \quad 2.12$$

Внаслідок впливу похибок замкнутий хід не зімкнеться на величину f_d , яка називається нев'язкою в периметрі ходу. Її проекції на вісі координат являються нев'язками f_x і f_y , а f_d можна виразити формулою:

$$f_d = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} \quad 2.13$$

Для оцінки якості польових вимірювань знаходимо відносну нев'язку в периметрі полігону вираженої відношенням:

$$\frac{f_d}{P} = \frac{1}{N} \quad 2.14$$

Якщо відносна нев'язка в периметрі 1:2000 або 1:3000 вона являється допустимою і тому прирости координат виправляють за допомогою поправок:

$$\sigma_{\delta^x} = -\frac{f_x}{P} d_i \quad 2.14$$

$$\sigma_{\delta^y} = -\frac{f_y}{P} d_i \quad 2.15$$

5. Розрахунок координат точок полігону.

Після того, як прирости розраховані та ув'язані, розраховують координати точок, користуючись формулами:

$$x_i = x_{i-1} + \Delta x \quad 2.16$$

$$y_i = y_{i-1} + \Delta y \quad 2.17$$

Контролем правильності розрахунків в замкнутому полігоні є одержання координат вихідної точки через координати точок полігону. Приклад обчислення

даних теодолітної зйомки приведено в таблиці 2.2.

Віломість обчислення координат

Таблиця 2.2

Номер точки	Кути		Дирекційні кути о'	Румби о'	Горизонтальні прокладення, м	Приріст координат				Координати	
	виміряні	виправлені				вирахувані		виправлені		x	y
						Δx	Δy	Δx	Δy		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1			44 59	СВ:44 59	138.12	+0.02 +97.64	-0.03 +97.69	+97.66	+97.66	300.00	300.00
2	+0.5 120 16.5	120 17	104 42	ЮВ:75 18	135.50	+0.02 -34.38	-0.03 +131.06	-34.36	+131.03	397.66	397.66
3	+0.2 112 34.8	112 35	172 07	ЮВ:7 53	120.42	+0.02 -128.20	-0.02 +17.75	-128.18	+17.73	363.30	528.69
4	111 18.0	111 18	240 49	ЮЗ:60 49	176.44	+0.03 -86.03	-0.03 -154.04	-86.00	-154.07	235.12	546.42
5	+0.5 92 16.5	92,17	328 32	СЗ:31 28	176.86	+0.03 +150.85	-0.03 -92.32	+150.88	-92.35	149.12	392.35
1	-0.2 109 33.2	109 33	44 59							300.00	300.00
Σ вим Σ в теор	539° 50.0'	540° 00'			P = 747,34	+248.49 +248.61	+246.50 -246.36	+248.54 -248.54	+246.42 -246.42		
f _в	-1.0'					-0.12	+0.14	0.00	0.00		
f _{в пред}	±2.2'					$f_d = \sqrt{0,12^2 + 0,14^2} = 0,18$ $\frac{f_d}{P} = \frac{0,18}{756} = \frac{1}{4200} < \frac{1}{2000}$					

2.7 Побудова плану.

Кінцевим результатом проведення теодолітної зйомки являється побудова плану. В процесі побудови плану необхідно забезпечити максимальну точність взаємного розташування точок на плані. Для цього перш за все створюється координатна сітка, а потім проводиться накладка точок теодолітних ходів відносно ліній координатної сітки.

Побудова координатної сітки.

Найбільш розповсюдженим приладом для побудови координатної сітки являється лінійка Дробишева. Це металічна лінійка(рис.2.15) що має декілька вікон

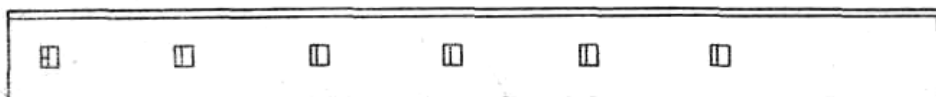


Рис. 2.15. Лінійка В.Ф. Дробишева

Один поперечний край в кожному вікні і правий кінець лінійки зкошені. На площині згосу нульового вікна мається прокольний штрих, що утворює в перетині зі зкошеним краєм точку, яка являється початком відліку лінійки.

Для побудови сітки квадратів лінійку спочатку кладуть паралельно нижньому краю паперу і, відступивши від нього 5-7 см проводять по зкошеному краю лінійки тонку лінію. Потім лінійку зсувають і по зкошеному краю кожного вирізу перетинають накреслену лінію штрихами(а,рис.2.16).Потім розташовують лінійку вздовж лівої сторони паперу, суміщаючи нульовий штрих з точкою А(перетин прямої з крайнім лівим штрихом) і слідкують щоб вісь лінійки була приблизно перпендикулярна до прямої АВ. Проводять штрихи по кожному зкошеному вирізу(б, рис.2.16).

Потім кладуть лінійку по діагоналі, сумістивши нульовий штрих з крайнім правим штрихом в точці В. По кінцю лінійки прокреслюють дугу , яка пересікає останній верхній штрих в точці С. Таким чином побудовано прямокутний трикутник АВС(в.рис.2.16)

Точно таким же чином будують другий трикутник, для чого вкладають лінійку спочатку по лінії ВD, а потім по діагоналі АD і отримують другий трикутник АВD. На стороні CD по лінійці відмічають відрізки по 10 см. Одержані протилежні штрихи з'єднують одержуючи координатну сітку(г,д,рис.2.16).

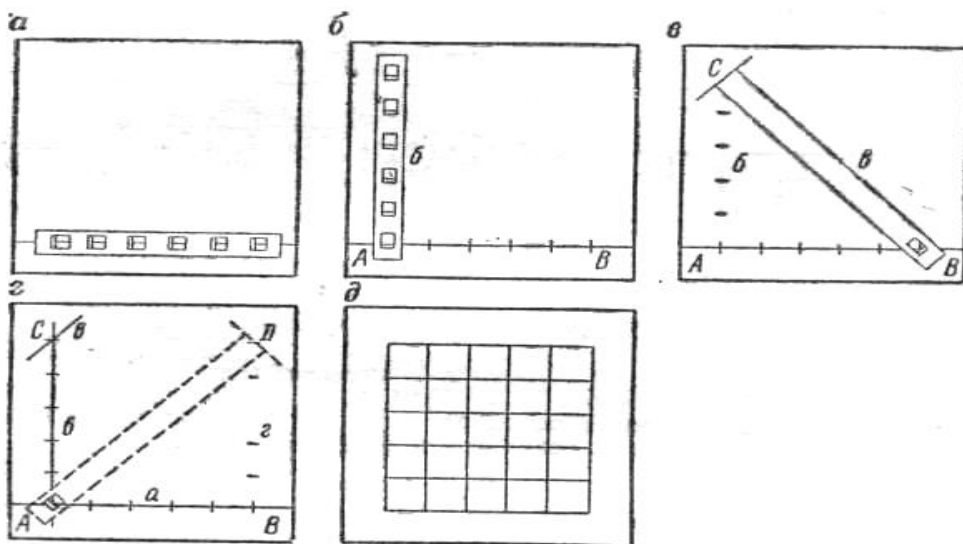


Рис. 2.16 Побудова координатної сітки лінійкою Дробишева

Після побудови координатної сітки наносять по точкам ситуацію.

Щоб нанести точки по координатам необхідно оцифрувати координатну сітку в залежності від координат максимально крайніх точок теодолітного ходу.

Помічаючи початок координат, враховують розмір плану і назначають початковими такі лінії сітки, при котрих точки з самими малими і самими великими значеннями координат розмістяться в межах сітки координат, а план в центрі паперу.

Для нанесення точки необхідно перш за все визначити квадрат, в котрому знаходиться точка. Потім на протилежних сторонах цього квадрата відкладають за допомогою поперечного масштабу значення різниці якої небудь з координат точки і відповідної лінії координатної сітки і проводять лінію. Такі дії проводять і з другою координатою. На перетині ліній одержують шукану точку. Наприклад точка N (рис.2.17). Вона має координати $x_N = 7241,16\text{м}$, $y_N = 4535,50\text{ м}$. По осі X вона повинна знаходитися в першій нижній смузі квадратів між надписами абсцис сітки 7000 і 7500, а по осі Y- в середній вертикальній полосі між надписами ординат сітки 4500 і 5000.

Щоб побудувати абсцису точки N , на бокових сторонах цього квадрату відкладають вгору - на північ від лінії 7000 відрізок 241,16м, а для контролю від протилежної сторони квадрата відміряють вниз – на південь 258,84м, тобто доповнення до 500м.

Для побудови ординати точки N, потрібно на верхній сторонах квадрата відкласти вправо – на схід - від лінії 4500 відрізки 35,50м і вліво – до заходу від лінії 5000 відрізки 464,50м.

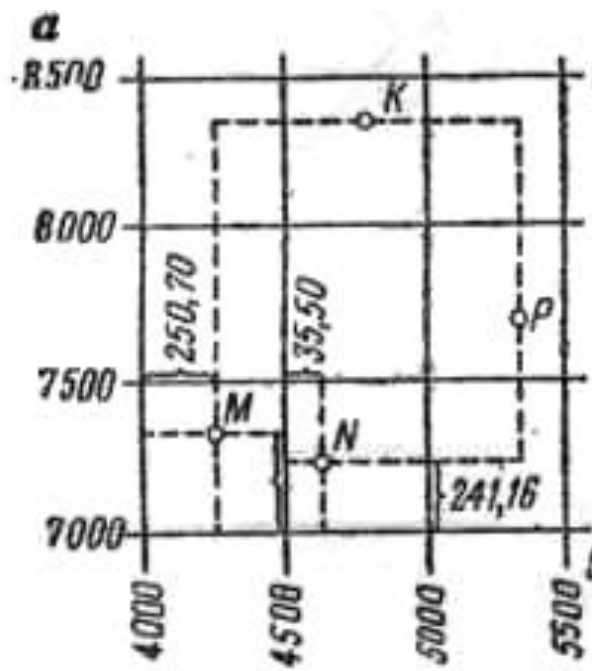


Рис.2.17. Нанесення точок полігону на план

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 3

Тема: «ВИЗНАЧЕННЯ ПЛОЩ»

Існує декілька способів визначення площ:

- аналітичний - визначення площ за результатами вимірювань ліній та кутів на місцевості з використанням формул геометрії, тригонометрії і аналітичної геометрії. Основну площу землекористування, обмежену теодолітними ходами, визначають за координатами;

- графічний - визначення площ за результатами вимірювань ліній на плані (карті), коли ділянку, зображену на плані, розбивають на прості геометричні фігури переважно на трикутники, рідше на прямокутники та трапеції.

- механічний - визначення площ за планом за допомогою спеціальних приладів.

3.1 Графічний спосіб визначення площ.

Цей спосіб засновано на розбивці (в нашому прикладі обмеженої на плані пунктирними лініями території (рис. 1) на елементарні геометричні фігури: *трикутники, прямокутники, трапеції*. Сторони фігур, що розбиваються, мають бути прямими, зручними для вимірювання. Площі цих фігур розраховуємо за формулами:

1. Для трикутника:

$$S = \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)} \quad 3.1$$

$$p = \frac{1}{2}(a+b+c) \quad 3.2$$

де: a, b, c - довжини сторін; p - півпериметр;

2. Для паралелограма:

$$S = ah \quad 3.3$$

де: a - сторона паралелограма; h - висота паралелограма;

3. Для трапеції:

$$S = \frac{a+b}{2}h \quad 3.4$$

де: a, b - основи трапеції; h - висота трапеції;

4. Для чотирикутників можна також використовувати формулу:

$$2S = ab \sin \beta_1 + cd \sin \beta_2 = lk \sin \varphi \quad 3.5$$

де: l, k - діагоналі; φ - кут між ними; У нашому прикладі необхідно знайти площі: трикутника - TDL; трикутника - СТВ; трикутника - СТG; трикутника - ВТF; трапеції - UFTO; трикутника - PLK; (рис.3.1). Площу заданого контура знаходимо складаючи знайдені площі простих фігур.

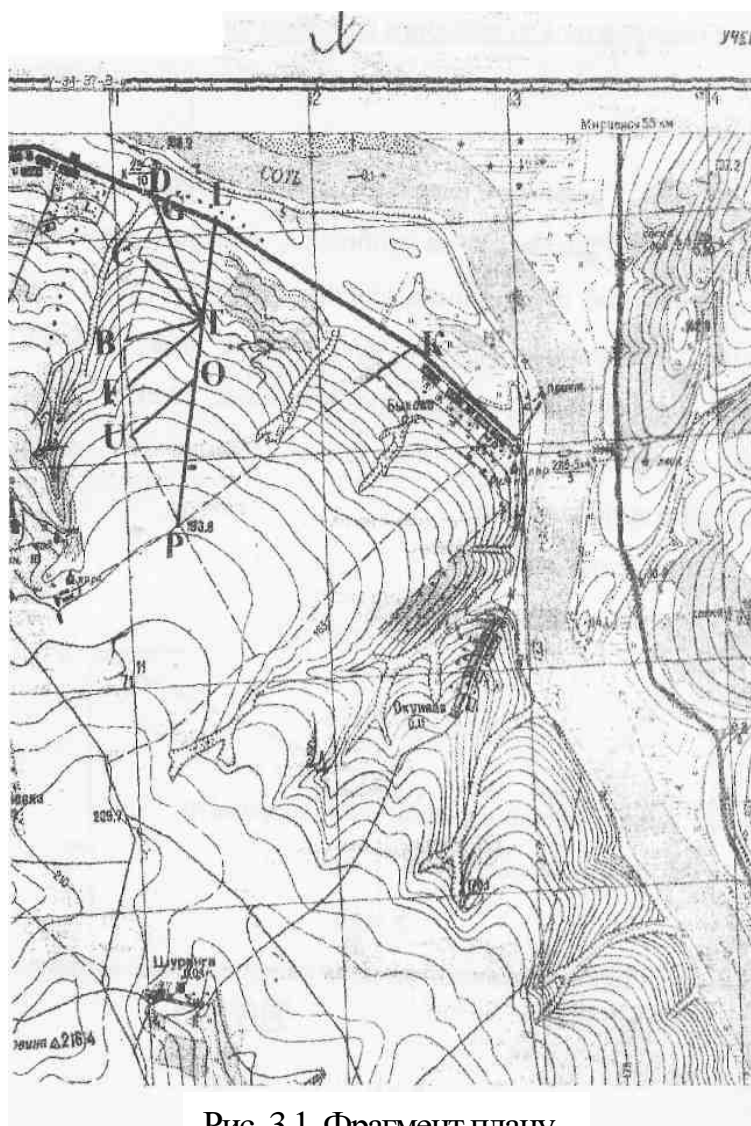


Рис. 3.1 Фрагмент плану

3.2 Механічний спосіб визначення площ.

Вимірювання площ проводиться за допомогою спеціального приладу – полярного планіметра. Найбільш поширеним є полярний планіметр з важелем змінної довжини.

Планіметр полярний ПП-М (рис.3.2) складається з наступних основних вузлів:

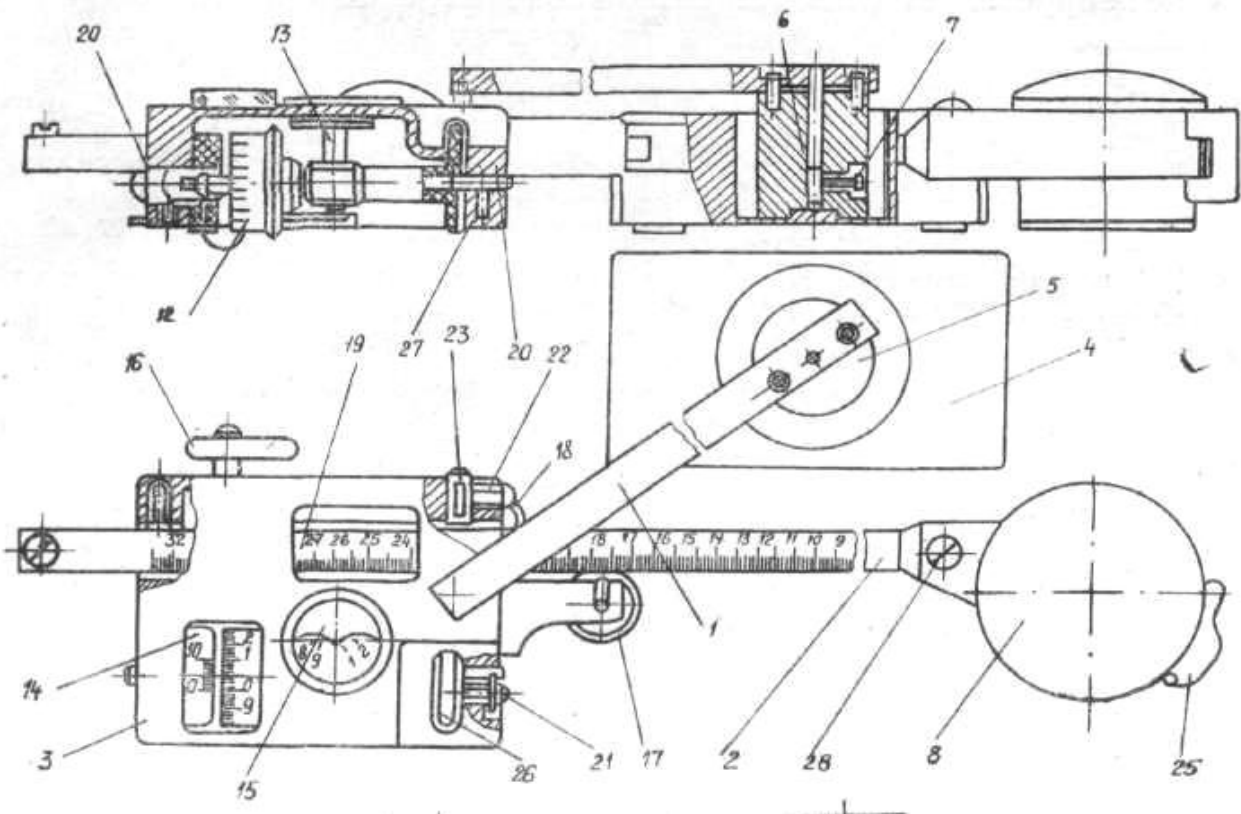


Рис.3.2. Будова планіметра

важеля полюсного 1, важеля обвідного 2, каретки 3 та вантажу 4. Полісний важіль 1 має на одному кінці полюс 5, споряджений віссю 6. Вісь 6, один кінець якої виконаний у вигляді голки, другий - у вигляді шарової головки, утримує полюс планіметра в одній точці. Працюючи на склі або металі, голку замінюють на шароподібну головку, що вкладається в конічне заглиблення вантажу 4. Для виконання цієї операції необхідно послабити гвинт 7, вийняти вісь, перевернути її, вставити на місце і закріпити. Другий кінець полюсного важеля зі стержнем, який закінчується шароподібною головкою, вставляється в конусний отвір каретки. На кінці обвідного важеля 2 закріплено обвідний пристрій, що виконується в двох варіантах: лупа 8 з індексом або шпиль.

Лічильний механізм встановлено на каретці. Він складається з барабана 12, що має шкалу із 100 поділками і барабана лічильного 13 з кількістю поділок 10, який веде відлік обертів барабану 12.

Відлік за шкалою барабана 12 виконується по верньєру 14, а за лічильним барабаном 13 - по покажчику 15. Каретка має допоміжний опорний ролик 16. Каретка переміщується по обвідному важелю за допомогою ролика 17 і фіксується гвинтом 18. Положення каретки відмічається на шкалі обвідного важеля 2 по ноніусу 19.

Важіль 2 спирається на креслення (карту) ободом барабана 12 та роликом 16 і обвідним пристроєм (лупою або шпилем). У процесі обводу барабан 12 переміщується по контуру і в результаті цього виконується вимір площі фігури.

Відлік, одержаний за лічильним механізмом, складається з 4-х цифр: перша береться по диску барабана лічильного 13, друга і третя по шкалі барабана 12, четверта відраховується по верньєру. Барабан 12 обертається в підп'ятнику 20, положення якого регулюється переміщенням гвинта 21.

Гвинтами 22 і 23 регулюється паралельність важеля 2 та осі барабана 12.

Лічильний механізм планіметра вивіряється та регулюється за допомогою контрольної лінійки.

Обвід креслення (карти) обвідним важелем 2 необхідно виконувати, тримаючись

за поводок 25.

3.3 Підготовка планіметра до роботи.

Перед початком роботи з планіметром необхідно ретельно протерти всі деталі планіметра, очистити ролики від мастила, перевірити легкість обертання опорного ролика, обертаючи пластмасовий ролик 26.

Особливу увагу слід звернути на стан осі барабана 12 і його обідка, а також з'єднання важеля 1 і важеля 2 з кареткою. Наявність іржі в цих місцях не допускається. Перевірити легкість обертання барабана 12 і відсутність люфту в підп'ятниках 20. Люфт у підп'ятниках регулюється гвинтом 21. Необхідно вивірити та відрегулювати лічильний механізм. Для цього необхідно планіметр в зібраному вигляді в положенні "полюс ліво" (рис.3.3) встановити на рівному листі креслярського паперу, закріпленому на горизонтальній поверхні так, щоб важіль 1 і важіль 2(рис.3.2) утворили кут в 90° . Голку полюсу встромити в креслення. Ободок обвідної лупи встановити в спеціальний отвір контрольної лінійки 1 (рис. 3.3).

Контрольну лінійку покласти під прямим кутом у напрямку на полюс, а її голку встромити в креслення.

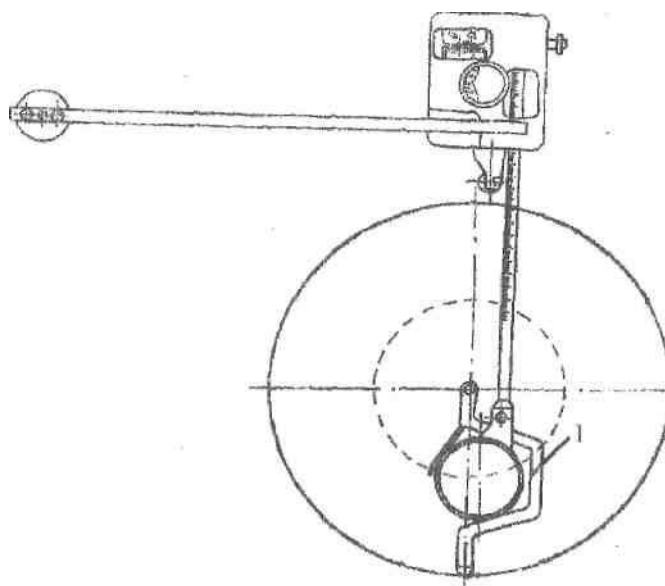


Рис.3.3. Планіметр в положенні «полюс зліва»

Відмітити на кресленні положення індексу контрольної лінійки і зробити два

холостих обводи планіметром, переміщаючи лінійку, а не обвідний пристрій.

Виконати три обводи за годинниковою стрілкою і три проти, вивести середнє значення показів планіметра для 6 обводів. Аналогічну перевірку провести при положенні полюса "право", при цьому необхідно перекладати важелі, не змінюючи положення полюса. Якщо середнє арифметичне значення планіметра при положенні полюса "право" і при положенні полюса "ліво" відрізняється один від одного більш ніж на три поділки, то не виконується основна умова - вісь барабана 12 не паралельна осі обвідного важеля.

При цьому юстировку планіметра проводять наступним чином: відкріплюють гвинт 22, а регулюючий гвинт 23 вкручують, якщо різниця відліків при положенні полюса "ліво" менше, ніж при положенні полюса "право".

У протилежному випадку гвинт 23 необхідно викручувати.

Після закінчення регулювання стопорний гвинт закручують.

Регулювання слід проводити за декілька прийомів до тих пір, поки різниця відліків при положенні полюса "ліво" і при положенні полюса "право" не буде в межах трьох поділок.

3.4 Порядок роботи.

Необхідно вибрати місце для полюса таким чином, щоб під час обводу всієї фігури кут між важелями був не менше 30° і не більше 150° , а обвід барабана переміщався б менше по плану або карті.

Перш за все слід визначити ціну поділки планіметра. Для цього вибирають ділянку, площа S якої відома, наприклад, квадрат координатної сітки (якщо квадрати маленькі, то беремо 2-3). Ставимо обвідну точку на вершину квадрата і беремо початковий відлік з лічильного механізму "пц". Перша цифра береться з лічильника цілих обертів 1 (рис.3.4), а дві наступні - по відліковому колесу 2 відносно нульового штриха верньєра, остання - кількість штрихів від нуля верньєра 3 до штриха, що збігається з поділкою відлікового колеса 2. У наведеному прикладі відлік становить 6453(рис.3.4).

Обводимо контур квадрата за годинниковою стрілкою, повертаючись у

початкову точку і знімаємо кінцевий відлік " n_k ". За формулою:

$$p = \frac{S}{n_k - n_p}$$

де: n_k – кінцевий відлік; n_p – початковий відлік;

знаходимо ціну поділки планіметра(рис.5).

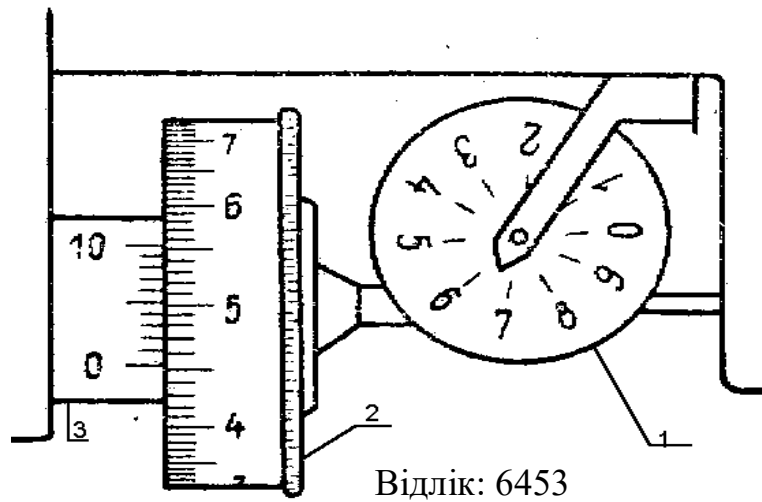


Рис.3.4. Відліковий механізм

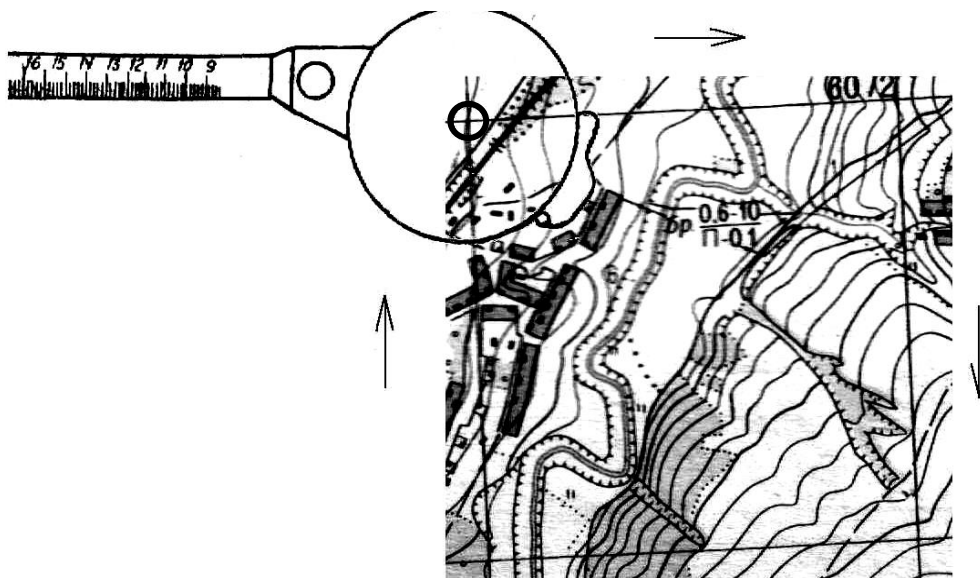


Рис.3.5. Напрямок руху лупи планіметра для визначення ціни поділки планіметра

Для визначення площі ділянки необхідно лупу обвідного важеля встановити на початкову точку контура (рис.6) і обвести контур за годинниковою стрілкою, повертаючись в початкову точку.

Площу контура знаходимо за формулою:

$$S=p(n_k-n_{п})$$

де: n_k – кінцевий відлік; $n_{п}$ – початковий відлік;

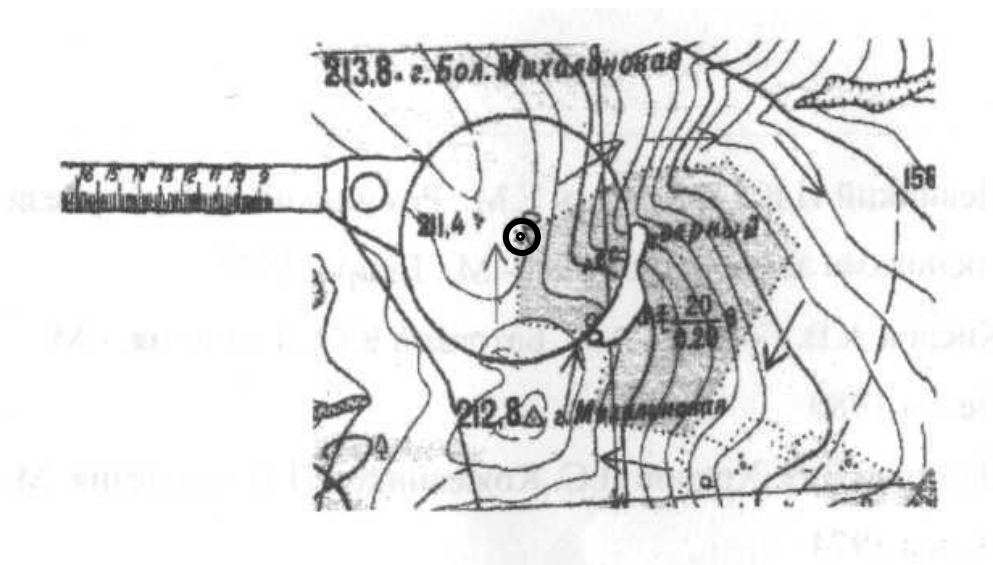


Рис.3.6. Напрямок руху лупи планіметра для визначення площі контура

Список літератури

Основна

1. Горлачук В. В., Семенчук І. М., Анисенко О. В., Мацко П. В. Геодезія : навчальний посібник. Одеса : Олді+, 2025. 252 с.
2. Інженерна геодезія : підручник / за ред. С. П. Войтенка. Чернігів : НУ «Чернігівська політехніка», 2022. 700 с.
3. Калинич І.В., Гриник Г.Г., Ничвид М.Р. Геодезія : навчальний посібник. Ужгород : Говерла, 2020. 247с.
4. Корнус А. О. Картографія з основами топографії та геодезії : методичні вказівки до виконання лабораторних робіт та контролю самостійної роботи студентів. Суми : Вид-во СумДПУ імені А. С. Макаренка, 2021. 44 с.
5. Ляшенко Д. О., Малік Т. М., Гордєєв А. Ю. Геодезія : навчальний посібник / за ред. В. І. Зацерковний. Ч. 1. Київ : КНУ імені Тараса Шевченка, 2025. 212 с.
6. Основи геодезії : конспект лекцій / уклад. Т. А. Наливайко, О. Є. Поморцева. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2024. 130 с.
7. Терещук О. І., Крячок С. Д. Геодезія : навчальний посібник. Ч. І. Чернігів : НУ «Чернігівська політехніка», 2025. 267 с.
8. Топографія : метод. реком. до виконання практичних робіт для здобувачів вищої освіти ступеня "бакалавр" спеціальності 193 "Геодезія та землеустрій" денної форми навчання / уклад. Ю. В. Задорожній. Миколаїв : МНАУ, 2020. 48 с. URL: <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/7464>

Додаткова

1. Ващенко В. І., Літинський В. О., Перій С. С. Топографо-геодезичний практикум: навч. пос. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2018. 428 с.
2. Лозинський В.В. Топографо-геодезичний довідник: навч. Вид. 2-ге, переробл. і допов. Львів: Видавничий центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2019. 216 с
3. Тельнов В.Г. Геодезія : навч. пос. Дніпро: НТУ, 2019. 317с.

Навчальне видання

ТОПОГРАФІЯ

Методичні рекомендації

Укладачі: **Задорожній** Юрій Володимирович

Формат 60x84 1/16. Ум. друк. арк. 2,5.

Тираж 50 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.