



---

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»

---

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**  
до виконання практичних робіт з дисципліни  
**ПРОЄКТУВАННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ТОЧНОСТІ  
ПІДЗЕМНИХ МАРКШЕЙДЕРСЬКИХ МЕРЕЖ**

Запоріжжя 2025

Рекомендовано Науково-методичною радою  
ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»  
(протокол № 1 від 24.10.2025 р)

Укладачі:

- 1 Назаренко Валентин Олексійович, доктор технічних наук, професор, професор кафедри гірничої справи
- 2 Бруй Ганна Валеріївна, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри гірничої справи.

Рецензент:

Сахно І.Г. – доктор техн. наук, завідувач кафедри гірничої справи, професор кафедри гірничої справи ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА».

Г35 Проектування та дослідження точності підземних маркшейдерських мереж : методичні рекомендації до виконання практичних робіт / уклад.: В. О. Назаренко, Г. В. Бруй, Запоріжжя : ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», 2025. 24 с.

Подано методичні рекомендації до виконання практичних робіт студентів другого (магістерського рівня) освіти спеціальності G16 Гірництво та нафтогазові технології (освітньо-професійна програма «Сучасні методи маркшейдерського забезпечення процесів видобування корисних копалин»).

Методичні вказівки призначені для студентам в набутті практичних навичок при проектуванні підземних маркшейдерських мереж.

Рекомендації орієнтовано на розвиток у студентів обґрунтованого підходу до обрання методики створення і реконструкції підземних маркшейдерських опорних мереж, які є геометричною основою для розвитку гірничих робіт.

УДК 622.11(072)

© ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», 2025



## **ЗМІСТ**

ВСТУП.....	4
ОСНОВНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ОФОРМЛЕННЯ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ .....	5
ПРАКТИЧНА РОБОТА №1 Аналіз залежності похибки вимірювання горизонтального кута від методики вимірювання, що прийнята .....	6
Похибка візування .....	6
Похибка відліку .....	8
Завдання.....	9
Вихідні дані .....	9
Методичні вказівки до виконання роботи .....	10
Питання для самоконтролю .....	10
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2 Аналіз похибки вимірювання горизонтального кута, що обумовлена неточністю центрування теодоліту та сигналів.....	12
Завдання.....	16
Вихідні дані .....	16
Методичні вказівки до виконання роботи .....	17
Питання для самоконтролю .....	18
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3 Визначення загальної похибки вимірювання горизонтального кута теодолітом.....	19
Завдання.....	19
Вихідні дані .....	19
Методичні вказівки до виконання роботи .....	20
Питання для самоконтролю .....	21
ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	23
ДОДАТОК А.Приклад титульного листа.....	24



## ВСТУП

Дисципліна спеціальної підготовки «Проектування та дослідження точності підземних маркшейдерських мереж» є обов'язковою для вивчення за освітньо-професійною програмою «Сучасні методи маркшейдерського забезпечення процесів видобування корисних копалин» і спрямована на набуття компетентностей в сфері маркшейдерського супроводження підземної розробки вугільних родовищ з метою надання майбутньому фахівцю глибоких знань, які необхідні для виконання маркшейдерських робіт на гірничих підприємствах, що займаються розробкою вугільних родовищ підземними способом.

Жоден вид гірничих робіт на всіх етапах освоєння родовищ корисних копалин не обходиться без маркшейдерського супроводу, який полягає у виконанні зйомок подробиць, забезпеченні проектних геометричних параметрів споруд, комунікацій, окремих складових гірничих підприємств, включаючи підземні гірничі виробки. Будь які зміни у розвитку і стані гірничих робіт повинні бути відображені у відповідній маркшейдерській графічно-обчислювальній документації, яка, в свою чергу, є основою для планування гірничих робіт і прогнозування наслідків їх впливу на гірський масив і поверхневу інфраструктуру.



## ОСНОВНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ОФОРМЛЕННЯ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ

Практичні роботи виконуються особисто кожним студентом за індивідуальними вихідними даними, що містяться у Методичних вказівках. Виконання кожної практичної роботи супроводжується пояснювальною запискою, що складається з текстової частини з розрахунками і описом ходу виконання роботи та окремих креслень.

Пояснювальна записка оформлюється на аркуші паперу формату А4 (210×297 мм) в електронному вигляді або виконується від руки. Креслення виконуються на аркушах формату А4 (практичні роботи №№ 1, 2), або в будь-якому програмному продукті векторної графіки (AutoCAD, K-Mine тощо).

Текстова частина повинна містити назву роботи, її мету, завдання, вихідні дані. Хід виконання роботи супроводжується необхідними поясненнями. Розрахунки наводять повністю, включаючи формулу в загальному вигляді й посилання на джерела, з яких взято дані для цих розрахунків. Наприкінці пояснювальної записки формулюють загальні висновки до роботи й конкретні рекомендації (у разі потреби).

Рисунки виконують на креслярському папері тушшю, або у будь-якому графічному редакторі на комп'ютері, у відповідності з „Умовними позначками...” [1] і супроводжують необхідними надписами, що включають назву і масштаб креслення.



## ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1

### Аналіз залежності похибки вимірювання горизонтального кута від методики вимірювання, що прийнята

**Навчальні цілі:** 1. Вивчення впливу інструментальних похибок на точність вимірювання горизонтального кута.  
2. Набуття навичок у прийнятті рішень щодо можливості та доцільності застосування обраної методики вимірювання горизонтальних кутів у підземних полігонометричних ходах.

Вимірювання горизонтальних кутів у маркшейдерських полігонометричних ходах, як і процес будь якого іншого вимірювання, супроводжується неминучими похибками, причинами яких є:

- вплив зовнішніх умов;
- неточність виготовлення та юстировки інструментів і приладів;
- неточність виконання операцій виконавцем робіт та ін.

Так, наприклад, на результат вимірювання горизонтального напрямку в гірничій виробці діють наступні джерела похибок: багаторазове переломлення променів, що направлені від візирного сигналу до ока спостерігача; недостатнє та нерівномірне освітлення об'єкта візування; недостатня стійкість сигналів і теодоліту на штативі та в підйомних гвинтах; температурні та інші зміни в інструментах; похибки юстировки інструмента; похибки відлікового пристрою; особисті похибки виконавця при візуванні і відліку та ін.

#### Похибка візування

При наведенні труби теодоліту на сигнал її візирна вісь не буде строго співпадати з вимірюваним напрямком. Вона складає з вимірюваним напрямком деякий малий кут  $m_v$ , що має назву *похибка візування*.

Величина похибки візування залежить від трьох факторів:



1. чутливості людського ока;
2. оптичних властивостей зорової труби і конструкції сітки ниток;
3. зовнішніх умов – яскравість освітлення сигналу; прозорість атмосфери та ін.

Якщо знехтувати впливом зовнішніх умов, то середня похибка візування може бути визначена **двома способами**.

**Перший спосіб** – у залежності від найменшого кута зору людського ока

$$m_v = \pm \frac{\alpha_{min}}{\nu} \approx \pm \frac{60''}{\nu} \quad (1.1)$$

де  $\alpha_{min}$  – найменший кут зору людського ока, що змінюється в межах від 50" до 120" (середнє значення 60");  $\nu$  – збільшення зорової труби теодоліту.

**Другий спосіб** – у залежності від точності наведення бісектора сітки ниток на сигнал

$$m_v = \pm \frac{d}{12} \quad (1.2)$$

де  $d$  – кутова відстань між рисками бісектора сітки ниток зорової труби теодоліту.

Значення  $\nu$ ,  $d$ ,  $t$  для різних типів теодолітів приведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Значення  $\nu$ ,  $d$ ,  $t$  для різних типів теодолітів

Показник	Тип теодоліту		
	<b>T5</b>	<b>T15</b>	<b>T30</b>
$\nu$ , крат	27,5	24	18
$d$ , кут. секунди	40	60	60
$t$ , кут. секунди	6	12	30



## Похибка відліку

Взятий по лімбу теодоліта відлік виражає деякий центральний кут чи дугу лімба, що відраховується від нульової поділки до поділки, що відповідає відліку. При обертанні алідади цей кут (дуга) змінюється від  $0^\circ$  до  $360^\circ$ .

Однак, візуально фіксувати кут повороту алідади ми можемо тільки через визначені інтервали, що відповідають точності відлікового пристрою (якщо горизонтальний кут вимірюють теодолітом типу Т30, то всі відліки по лімбу будуть кратними  $30''$ ). Дійсні значення кутів повороту алідади можуть приймати інші значення ніж визначені по відліках, тому що коли береться відлік по лімбу, завжди допускається округлення значення кута до величини, кратної точності відліку. Таким чином, похибка відліку є похибкою округлення.

Середня *похибка округлення*  $m_0$  визначається за формулою:

$$m_0 = \pm \frac{t}{3.5} \quad (1.3)$$

де  $t$  – точність взяття відліку по горизонтальному кругу.

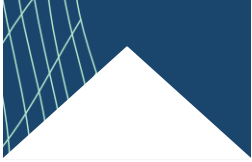
*Інструментальна похибка* вимірювання горизонтального кута визначається за формулами:

У випадку, якщо горизонтальний кут вимірюється способом прийомів:

$$m_i = \pm \sqrt{\frac{m_v^2 + m_0^2}{n}}, \quad (1.4)$$

де  $n$  – кількість прийомів.

У випадку, якщо горизонтальний кут вимірюється способом повторень:



$$m_i = \pm \sqrt{\frac{m_v^2}{n} + \frac{m_o^2}{2n^2}}, \quad (1.5)$$

де  $n$  – кількість повторень.

### Завдання

Установити залежність інструментальної похибки вимірювання горизонтального кута від числа прийомів (повторень) вимірювань і побудувати графік цієї залежності.

### Вихідні дані

Чисельні значення вихідних даних для розрахунків надані за варіантами у таблиці 1.2. Номер варіанта обирається відповідно порядковому номеру в журнальному списку академічної групи.

Таблиця 1.2 - Вихідні дані для виконання практичної роботи № 1

№ вар.	Спосіб вимірювання горизонтального кута		Тип теодоліту			Кількість прийомів (повторень)			
	прийомів	повторень	T5	T15	T30	1	2	3	4
1		+		+			+		
2		+			+		+		
3		+		+				+	
4		+			+			+	
5		+		+					+
6		+			+				+
7	+		+					+	
8		+			+		+		
9	+			+		+			
10		+			+				+



## Методичні вказівки до виконання роботи

1. За даними таблиці 1.2 визначити: яким теодолітом, яким способом і скількома прийомами чи повтореннями вимірюється горизонтальний кут.

2. Для типу теодоліта, що визначається в індивідуальному завданні, обрати значення параметрів  $v$ ,  $d$ ,  $t$  з табл. 1.1.

3. За формулами (1.1–1.3) розрахувати похибки візування та відліку. Похибку візування визначати за двома формулами, для подальших розрахунків слід прийняти більшу величину із отриманих значень.

4. Обчислити інструментальну похибку вимірювання горизонтального кута за формулою (1.4) або (1.5) відповідно до вихідних даних.

5. За результатами виконання роботи всіма студентами групи проаналізувати отримані дані та сформулювати висновок щодо можливості та доцільності застосування різних типів теодолітів для кутових вимірювань у підземних полігонометричних ходах, а також оптимальної і достатньої кількості виконання прийомів або повторень для вимірювання горизонтальних кутів. В разі малої кількості студентів (менше трьох людей), виконати аналогічні розрахунки із використанням вихідних даних будь яких інших трьох варіантів і зробити узагальнюючі висновки. В такому разі виконана робота буде зарахована, як індивідуальне завдання.

## Питання для самоконтролю

1. Перелічить фактори, які впливають на точність візування.
2. Яка найменша кутова здатність людського ока розрізняти подробиці?
3. Які похибки впливають на точність вимірювання горизонтального кута?
4. При яких довжинах сторін в полігонометричному ході



рекомендовано застосовувати автоматичне центрування?

5. Яка середня квадратична похибка визначення довжини сторони полігонометричного ходу рулеткою?

6. Яким чином вимірюються довжини сторін у полігонометричному ході рулеткою?

7. Які похибки вимірювання горизонтальних кутів відносяться до інструментальних похибок?

8. Яка допустима середня квадратична похибка вимірювання горизонтальних кутів у підземних маркшейдерських опорних мережах?

9. Перелічіть вимоги до теодолітів, що застосовуються для вимірювання горизонтальних кутів у полігонометричних ходах.

10. Вкажіть способи вимірювання горизонтальних кутів у підземних полігонометричних ходах.

11. Надайте класифікацію похибок вимірювання горизонтальних кутів у підземних полігонометричних ходах у залежності від джерел виникнення.

12. Наведіть приклади випадкових похибок вимірювань у підземних полігонометричних ходах.

13. Наведіть приклади систематичних похибок вимірювань у підземних полігонометричних ходах.



## ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2

### Аналіз похибки вимірювання горизонтального кута, що обумовлена неточністю центрування теодоліту та сигналів

**Навчальні цілі:** 1. Вивчення впливу похибки центрування теодоліту і сигналів на точність вимірювання горизонтального кута.

2. Набуття навичок у прийнятті рішень щодо застосування того чи іншого типу теодоліту для вимірювань горизонтальних кутів на підставі аналізу похибок центрування теодоліту і сигналів

Середня похибка вимірювання горизонтального кута, обумовлена неточністю центрування теодоліту та сигналів  $m_{\text{ці}}$  складається з трьох окремих похибок:

$m_{cA}$  – середньої похибки вимірювання горизонтального кута, що обумовлена неточністю центрування сигналу  $A$ ;

$m_{cB}$  – середньої похибки вимірювання горизонтального кута, що обумовлена неточністю центрування сигналу  $B$ ;

$m_e$  – середньої похибки вимірювання горизонтального кута що обумовлена неточністю центрування теодоліту в точці  $C$ .

Загальна похибка вимірювання горизонтального кута, що обумовлена переліченими складовими визначається за формулою:

$$m_{\text{ці}} = \pm \sqrt{m_{cA}^2 + m_{cB}^2 + m_e^2} \quad (2.1)$$

Припустимо, що сигнал  $B$  і теодоліт  $C$  відцентровані безпомилково над точками  $B_0$  і  $C_0$ , а другий сигнал встановлений не в точці  $A_0$ , а в точці  $A$  (рис. 2.1). Відстань  $AA_0$  є **лінійною похибкою центрування сигналу**

( $e_A$ ). Величина цієї похибки залежить від обраного способу і умов центрування.

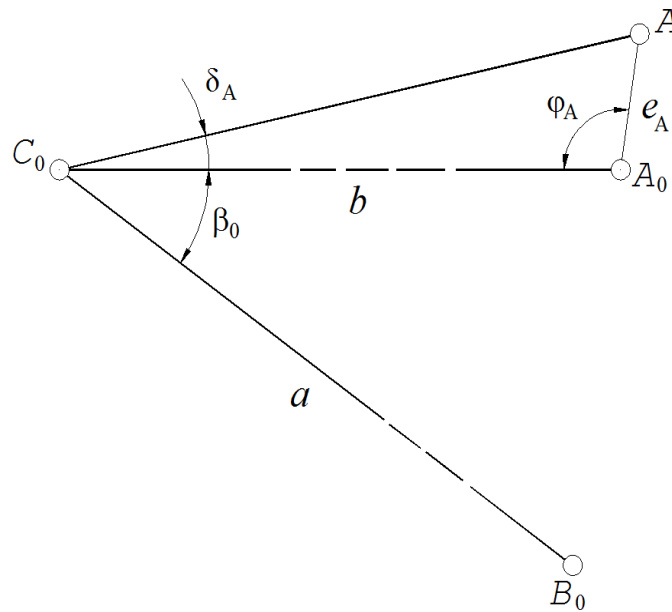



Рис. 2.1. Похибка вимірювання горизонтального кута, що обумовлена неточністю центрування сигналу А

На похибку вимірювання горизонтального кута впливає не тільки величина лінійної похибки центрування сигналу, а й її напрямок, тобто кут  $\varphi_A$ . У випадках, коли кут  $\varphi_A$  дорівнює 0 чи  $180^\circ$  (лінійна похибка центрування сигналу направлена вздовж сторони вимірюваного кута), неточність центрування сигналу не вплине на точність вимірювання горизонтального кута. Якщо кут  $\varphi_A$  становитиме  $90$  чи  $270^\circ$ , похибка вимірювання буде максимальною.

Лінійна похибка центрування сигналу може бути направлена у будь-який бік від точки центрування, тому кут  $\varphi_A$  може приймати значення від 0 до  $360^\circ$ . Геометричним місцем випадкових положень точки А є коло радіуса  $e_A$  з центром в точці  $A_0$ .

Оскільки випадкових положень точки А може бути нескінченно багато і кожне з них по-особливому впливатиме на похибку вимірювання горизонтального кута, необхідно визначити середнє квадратичне її значення.



З рис. 2.1 випливає

$$\sin \delta_A = \frac{e_A}{b} \sin \varphi_A$$

Після відповідних перетворень отримаємо

$$m_{cA}^2 = \rho^2 \frac{e_A^2}{2b^2} \quad (2.2)$$

де  $\rho = 206265''$ ,  $e_A$  – лінійна похибка центрування сигналу,  $b$  – довжина сторони.

Аналогічно можна знайти формулу для визначення похибки вимірювання горизонтального кута, що обумовлена неточністю центрування сигналу  $B$ :

$$m_{cB}^2 = \rho^2 \frac{e_B^2}{2ba^2} \quad (2.3)$$

Знайдемо вираз похибки  $m_e$ , для цього припустимо, що сигнали  $A$  і  $B$  відцентровані безпомилково відповідно в точках  $A_0$  і  $B_0$ , а теодоліт відцентрований не в точці  $C_0$ , а в точці  $C$  (рис. 2.2). У даному випадку маємо лінійну похибку центрування теодоліту  $e$ , що утворює зі стороною  $C_0A_0$  кут  $\theta$ . У цьому випадку буде виміряний не кут  $\beta_0$ , а зовсім інший, тобто  $\beta$ .

Формула для розрахунку похибки  $m_e$  буде мати вигляд:

$$m_e^2 = \frac{\rho^2 e^2}{2a^2 b^2} (a^2 + b^2 - 2ab \cdot \cos \beta) \quad (2.4)$$

де  $e$  – лінійна похибка центрування теодоліту,  $a$ ,  $b$  – довжини сторін,  $\beta$  – виміряний горизонтальний кут.

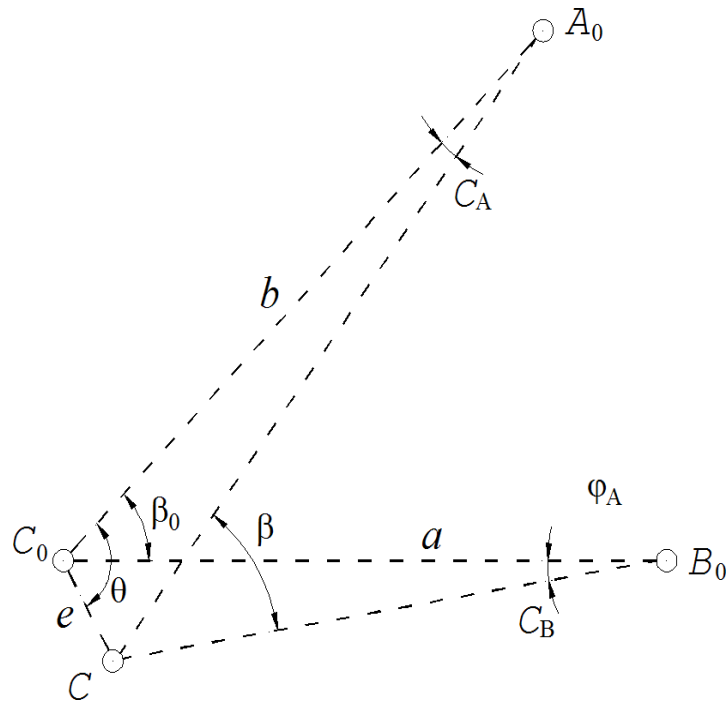


Рис. 2.2. Похибка вимірювання горизонтального кута, що обумовлена неточністю центрування теодоліту

У кінцевому вигляді з урахуванням того, що способи, а як наслідок, похибки центрування обох сигналів однакові, похибка вимірювання горизонтального кута, що обумовлена неточністю центрування теодоліта і сигналів може бути обчислена за формулою:

$$m_{\text{ци}} = \pm \sqrt{\frac{\rho^2 e^2}{2a^2 b^2} [e_c^2 (a^2 + b^2) + e^2 (a^2 + b^2 - 2ab \cdot \cos \beta)]} \quad (2.5)$$

У випадку, коли лінійні похибки центрування теодоліта та обох сигналів однакові, тобто  $e_A = e_B = e_c = e$ , формула (2.5) буде мати вигляд:

$$m_{\text{ци}} = \pm \frac{\rho}{a} \frac{e}{b} \sqrt{a^2 + b^2 - 2ab \cdot \cos \beta} \quad (2.6)$$

Експериментально встановлені лінійні похибки центрування теодоліта і сигналів ( $e$ ), що використовуються для оцінки результатів кутових вимірювань наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Лінійні похибки центрування теодоліта і сигналів

Спосіб центрування	Величина лінійної похибки, мм
Одноразове центрування шнуровим виском	1,2 – 2,0
Оптичне центрування	0,8 – 1,2
Автоматичне центрування	0,5 – 0,8

### Завдання

Установити залежності похибки вимірювання горизонтального кута від способу центрування теодоліта та сигналів, величини вимірюваного кута та довжин сторін, що утворюють кут, і побудувати графіки цих залежностей.

### Вихідні дані

Чисельні значення величин вимірюваного кута та довжин сторін наведені в таблиці 2.2. Номер варіанта для розрахунку кожен студент обирає відповідно до порядкового номеру в журнальному списку академічної групи.

Спосіб центрування теодоліта і сигналів для всіх варіантів приймається шнуровим виском одноразово ( $e=2\text{мм}$ ).

Таблиця 2.2 - Варіанти вихідних даних для виконання практичної роботи № 2

№ вар.	Вимірюваний кут $\beta$ , градус	Довжини сторін, що утворюють кут, м				
		$a_1 = 80;$ $b_1 = 10$	$a_2 = 80;$ $b_2 = 20$	$a_3 = 80;$ $b_3 = 40$	$a_4 = 80;$ $b_4 = 60$	$a = b$
1	2	3	4	5	6	7
1	0	+				20
2	30		+			20
3	60			+		20
4	90				+	20

5	120	+				20
6	150		+			20
7	180			+		20
8	0				+	50
9	30	+				50
10	60		+			50

### Методичні вказівки до виконання роботи

1. За даними таблиці 2.2 вибрати значення: вимірюваного кута  $\beta$ ; довжин сторін, що утворюють кут для умови  $a \neq b$  (колонки 3-6) та для умови  $a = b$  (колонка 7).


2. За формулами (2.2) та (2.3) розрахувати похибку вимірювання горизонтального кута, обумовленої неточністю центрування сигналів. Розрахунок слід виконати для двох варіантів: за умови  $a \neq b$  та за умови  $a = b$ .

Загальна похибка, обумовлена похибками центрування обох сигналів, обчислюється за формулою:

$$m_C = \pm \sqrt{m_{CA}^2 + m_{CB}^2} \quad (2.7)$$

3. Обчислити похибку, обумовлену неточністю центрування теодоліта, для умов  $a \neq b$  та  $a = b$  (формула (2.4)).

4. За результатами виконання роботи всіма студентами групи проаналізувати отримані дані та сформулювати висновок щодо залежності похибки центрування від застосування різних типів теодолітів для кутових вимірювань у підземних полігонометричних ходах. В разі малої кількості студентів (менше трьох людей), виконати аналогічні розрахунки із використанням вихідних даних будь яких інших трьох варіантів і зробити узагальнюючі висновки. Побудувати графіки залежності В такому разі виконана робота буде зарахована, як



індивідуальне завдання похибки центрування від величини вимірюваного кута та довжин сторін, що утворюють кут, від величини вимірюваного кута та довжин сторін, що утворюють кут.

5. Посилаючись на побудовані графіки сформулювати висновки:

- Про залежність похибки центрування сигналів від величини вимірюваного кута та довжин сторін, що утворюють кут;
- Про залежність похибки центрування теодоліта від величини вимірюваного кута;
- про залежність похибок центрування теодоліта від довжин сторін, що утворюють кут;
- про залежність похибок центрування теодоліта і сигналів від різниці довжин сторін вимірюваного кута.

### **Питання для самоконтролю**

1. Від чого залежить вплив похибки центрування теодоліта на похибку вимірювання горизонтального кута?
2. Який визначальний фактор при обранні способу центрування теодоліта і сигналів?
3. Які способи центрування теодоліта і сигналів застосовують в маркшейдерській практиці?
4. Який вплив справляє похибка центрування сигналів на похибку вимірювання горизонтального кута?
5. У яких випадках доцільним є застосування автоматичного центрування?



## ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3

### Визначення загальної похибки вимірювання горизонтального кута теодолітом

**Навчальні цілі:** 1. Аналіз точності методики вимірювання горизонтального кута, що задовольняє заданим умовам і точності вимірювання.

2. Набуття навичок у прийнятті рішень, щодо вибору методики вимірювання горизонтального кута, яка відповідає умовам і точності вимірювання.

Загальна середня квадратична похибка вимірювання горизонтального кута  $m_\beta$  визначається за формулою:

$$m_\beta = \pm \sqrt{m_i^2 + m_{\text{ц}}^2} \quad (3.1)$$

де  $m_i$  – інструментальна похибка;  $m_{\text{ц}}$  – похибка обумовлена неточністю центрування теодоліта і сигналів.

#### Завдання

Обрати методика вимірювання горизонтального кута (спосіб вимірювання кута, число прийомів або повторень, спосіб центрування теодоліту і сигналів), що забезпечить похибку вимірювання  $\pm 15''$ .

#### Вихідні дані

Вихідні дані, що характеризують умови вимірювання кута в гірничій виробці, приведені в таблиці 3.1. Номер варіанта для розрахунку кожен студент обирає самостійно згідно порядковому номеру в журнальному списку академічної групи.

Розрахунки слід виконати для теодоліта типу Т30.

Спосіб центрування теодоліта і сигналів – шнуровим виском одноразово ( $e=2\text{мм}$ ).

Таблиця 3.1 – Параметри вимірюваного кута

№ вар.	Вимірюваний кут $\beta$ , градус	Довжини сторін, що утворюють кут, м	
		$a$	$b$
1	10	21	42
2	25	28	65
3	40	21	42
4	55	28	65
5	70	21	42
6	85	28	65
7	100	21	42
8	115	28	65
9	130	35	120
10	145	40	80

### Методичні вказівки до виконання роботи


1. З таблиці 3.1 обрати параметри вимірюваного кута у відповідності з номером у журналі академічної групи.

2. Розрахувати похибки візування та відліку, користуючись формулами (1.1-1.3) практичної роботи № 1. Похибку візування визначати за двома формулами, а для подальших розрахунків прийняти більшу величину із отриманих значень.

3. За формулами (1.4) і (1.5) практичної роботи № 1 обчислити інструментальну похибку вимірювання кута для кількості прийомів і повторень  $n = 1$ .

4. Розрахувати похибку, обумовлену неточністю центрування теодоліта і сигналів, користуючись формулою (2.6) практичної роботи № 2.

5. Визначити загальну середню квадратичну похибку вимірювання горизонтального кута за формулою (3.1).



6. У випадку, коли величина середньої квадратичної похибки вимірювання горизонтального кута перевищує заданий допуск, проаналізувати отримане значення і визначити, яка складова цієї похибки (інструментальна чи похибка, обумовлена неточністю центрування теодоліта і сигналів) значною мірою впливає на кінцевий результат.

Якщо більший вплив має інструментальна похибка, повторити розрахунки для умов вимірювання горизонтального кута двома і більше прийомами та повтореннями; у випадку, коли основний вплив має похибка, обумовлена неточністю центрування теодоліта і сигналів, – змінити спосіб центрування теодоліта і сигналів. Обчислення виконувати доки результат не буде задовольняти середню квадратичну похибку вимірювання горизонтального кута  $\pm 15''$ .

7. Сформулювати висновок про необхідну методику вимірювання горизонтального кута теодолітом типу Т30 з точністю  $\pm 15''$ .

### **Питання для самоконтролю**

1. Перерахуйте фактори, що впливають на точність візування.
2. Які похибки впливають на точність вимірювання горизонтального кута?
3. При яких довжинах сторін у полігонометричному ході рекомендовано застосовувати автоматичне центрування?
4. Які похибки вимірювання горизонтальних кутів відносяться до інструментальних похибок?
5. Який визначальний фактор при виборі способу центрування теодоліта і сигналів?
6. Які способи центрування теодоліта і сигналів застосовують в маркшейдерській практиці?
7. Яка допустима середня квадратична похибка вимірювання горизонтальних кутів у підземних маркшейдерських опорних мережах?
8. Перелічіть вимоги до теодолітів, що застосовуються для



вимірювання горизонтальних кутів у полігонометричних ходах.

9. Вкажіть способи вимірювання горизонтальних кутів у підземних полігонометричних ходах.

10. Надайте класифікацію похибок вимірювання горизонтальних кутів у підземних полігонометричних ходах у залежності від джерел виникнення.

11. Наведіть приклади випадкових похибок вимірювань у підземних полігонометричних ходах.

12. Наведіть приклади систематичних похибок вимірювань у підземних полігонометричних ходах.



## ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. НПАОН 74.2-1.07-21 Правила виконання маркшейдерських робіт під час розробки родовищ рудних та нерудних корисних копалин. [На заміну [НПАОН 74.2-5.01-85](#), [НПАОН 74.2-5.03-85](#), [НПАОН 74.2-5.06-85](#); чинні від 2021-07-27]. Вид. офіц. Київ : Міністерство економіки України, 2021. 260 с.
2. Маркшейдерські роботи на вугільних шахтах та розрізах : інструкція // М. Є. Капланець (голова) та ін. Вид. офіц. Донецьк : ТОВ «АЛАН», 2001. 264 с.
3. Назаренко, В., Бруй, Г., Криворучко, А., & Левицький, В. (2024). Похибки кутових вимірювань у підземних маркшейдерських опорних мережах. Технічна інженерія, (1(93), 406–414. [https://doi.org/10.26642/ten-2024-1\(93\)-406-414](https://doi.org/10.26642/ten-2024-1(93)-406-414)
4. John Walker, Joseph Awange. Surveying for Civil and Mine Engineers. Acquire the Skills in Weeks. – Springer. – 2020. – 411p. [doi.org/10.1007/978-3-030-45803-4](https://doi.org/10.1007/978-3-030-45803-4).
5. John Walker • Joseph L. Awange. Surveying for Civil and Mine Engineers. Theory, Workshops, and Practicals. – Springer. – 2018. – 271p. - DOI 10.1007/978-3-319-53129-8



ДОДАТОК А.

**ПРИКЛАД ТИТУЛЬНОГО ЛИСТА**

**ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»  
Кафедра гірничої справи**

**Практична робота №\_**

з навчальної дисципліни

**«ПРОЄКТУВАННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ТОЧНОСТІ  
ПІДЗЕМНИХ МАРКШЕЙДЕРСЬКИХ МЕРЕЖ  
»**

Варіант №\_

Здобувача групи ГСм-ХХ-ХХ  
Прізвище Ім'я По батькові

Керівник:  
д.т.н., професор  
Назаренко В.О.

Запоріжжя, 20ХХ



*Навчально-методичне видання*

**Назаренко Валентин Олексійович  
Бруй Ганна Валеріївна**

**ПРОЄКТУВАННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ТОЧНОСТІ  
ПІДЗЕМНИХ МАРКШЕЙДЕРСЬКИХ МЕРЕЖ**

**методичні вказівки до виконання практичних робіт**

Самостійне електронне мережеве видання

Публікується в авторській редакції