Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
Державний вищий навчальний заклад
„НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ”

ФАКУЛЬТЕТ БУДІВНИЦТВА

Кафедра маркшейдерії

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ „ОЦІНКА ТОЧНОСТІ КУТОВИХ ВИМІРІВ” З ДИСЦИПЛІНИ „ПРОЕКТУВАННЯ ТА АНАЛІЗ ТОЧНОСТІ МАРКШЕЙДЕРСЬКИХ МЕРЕЖ”

для студентів спеціальності 7.05030104, 8.05030104 “Маркшейдерська справа”

Дніпропетровськ
ДВНЗ „НГУ”
2012

Назаренко В.О., Піньковська Т.В., Заболотна Ю.О. Проектування та аналіз точності маркшейдерських мереж. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт „Оцінка точності кутових вимірів”. – Д.: Державний ВНЗ „Національний гірничий університет”, 2012. – 26 с.

Розробники:
Валентин Олексійович Назаренко, д-р. техн. наук, проф. (лабораторна робота № 2);
Тамара Василівна Піньковська, ст. викладач (лабораторна робота № 3);
Юлія Олександрівна Заболотна, асист. (лабораторна робота № 1).

Затверджено методичною комісією зі спеціальності 050301 „Маркшейдерська справа” (протокол № від) за поданням кафедри маркшейдерії (протокол № від)

Надано завдання і методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт з дисципліни „Проектування та аналіз точності маркшейдерських мереж” освітньо-кваліфікаційної програми підготовки фахівців спеціальності 7.05030104, 8.05030104 „Маркшейдерська справа”.

Відповідальний за випуск завідувач кафедри маркшейдерії,
д-р техн. наук, проф. Ю.М. Халимендик

Вступ

Дисципліна „Проектування і аналіз точності маркшейдерських мереж” входить до навчальних планів підготовки спеціалістів і магістрів спеціальності 7.05030104, 8.05030104 „Маркшейдерська справа” та викладається у IX-ому семестрі на 5 курсі навчання. Дисципліна включає лекційний і лабораторний модулі із загальним обсягом навчального часу 216 год. (144 год. – самостійна робота, 36 год. – лекційний модуль, 36 год. – лабораторний модуль).

Склад лабораторного модуля:

Лабораторна робота № 1. Аналіз залежності похибки вимірювання горизонтального кута від методики вимірювання, що прийнята (аудиторний час на виконання 4 год.).

Лабораторна робота № 2. Аналіз похибки вимірювання горизонтального кута, що обумовлена неточністю центрування теодоліту та сигналів (аудиторний час на виконання 4 год.).

Лабораторна робота № 3. Визначення загальної похибки вимірювання горизонтального кута теодолітом (аудиторний час на виконання 4 год.).

Лабораторна робота № 4. Попередня оцінка точності орієнтування підземної маркшейдерської мережі через два вертикальних шахтні стволи (аудиторний час на виконання 6 год.).

Лабораторна робота № 5. Побудова підземної маркшейдерської опорної мережі (аудиторний час на виконання 6 год.).

Лабораторна робота № 6. Визначення похибки положення віддаленого пункту висячого полігонометричного ходу (аудиторний час на виконання 6 год.).

Лабораторна робота № 7. Визначення похибки положення віддаленого пункту висячого полігонометричного ходу з гіросторонами (аудиторний час на виконання 4 год.).

У ході виконання лабораторних робіт студент має освоїти способи і принципи математичної обробки вимірювань і придбати вміння виконувати розрахунки й аналізувати результати маркшейдерських знімальних робіт.

Основні рекомендації до оформлення лабораторних робіт

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

Пояснювальна записка оформлюється на папері формату А4 (210×297 мм) на одній стороні аркуша і виконується від руки або друкується на принтері. Креслення виконуються на аркушах формату А4 (лабораторні роботи №№ 1, 2).

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.

Лабораторна 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 $\boldsymbol{m_v}$, що має назву *похибка візування*.

Величина похибки візування залежить від трьох факторів:

1. чутливості людського ока;
2. оптичних властивосейі 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

$$m_v = \pm\frac{\alpha_{\min}}{v} \approx \pm\frac{60''}{v}, \qquad (1.1)$$

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

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

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

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

Значення v, d, t для різних типів теодолітів приведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Значення v, d, t для різних типів теодолітів

Показник	Тип теодоліту		
	Т5	**Т15**	**Т30**
v, 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° до 360°.

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:

$$m_o = \pm\frac{t}{3{,}5}, \tag{1.3}$$

де t – точність взяття відліку по горизонтальному кругу.

Інструментальна похибка вимірювання горизонтального кута визначається за формулами:

У випадку, якщо горизонтальний кут вимірюється способом прийомів:

$$m_i = \pm\sqrt{\frac{m_v^{\,2} + m_o^{\,2}}{n}}, \tag{1.4}$$

де n – кількість прийомів.

У випадку, якщо горизонтальний кут вимірюється способом повторень:

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

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 данних для розрахунків надані за варіантами у таблицях А.1, А.2 додатку А. Номер варіанта обирається відповідно порядковому номеру в журнальному списку академічної групи.

Методичні вказівки до виконання роботи

1. За даними таблиць А.1, А.2 додатку А 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. Використовуючи дані розрахунків студентів усієї групи, скласти зведену таблицю за формою, що представлена нижче (таблиця 1.2).

Таблиця 1.2 – Зведені дані розрахунків інструментальної похибки вимірювання горизонтального кута

t, кут. сек.	Кількість прийомів (повторень) вимірювань							
	n=1		*n=2*		*n=3*		*n=4*	
	спосіб прийомів	спосіб повторень	спосіб прийомів	спосіб повторень	спосіб прийомів	спосіб повторень	спосіб прийомів	спосіб повторень
6								
12								
30								

6. За даними таблиці 1.2 побудувати графіки залежності інструментальної похибки вимірювання горизонтального кута від кількості прийомів чи повторень вимірювання. По осі абсцис слід відкладати значення точності взяття відліку *t*, по осі ординат – величину інструментальної похибки *m*. Усього необхідно побудувати вісім кривих: чотири графіка для способу прийомів при

значеннях *n* від 1 до 4 і чотири графіка для способу повторень (в разі застосування точного або високоточного теодоліту графік для способу повторень не будується).

7. 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.

Питання для самоконтролю

1. Перелічить фактори, які впливають на точність візування.
2. Яка найменьша 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 релеткою?
6. Яким чиним 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.

Лабораторна 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_{u_i} складається з трьох окремих похибок:

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

m_{c_B} – 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:

$$m_{u_i} = \pm\sqrt{m_{c_A}{}^2 + m_{c_B}{}^2 + m_e{}^2}\,. \qquad (2.1)$$

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.

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

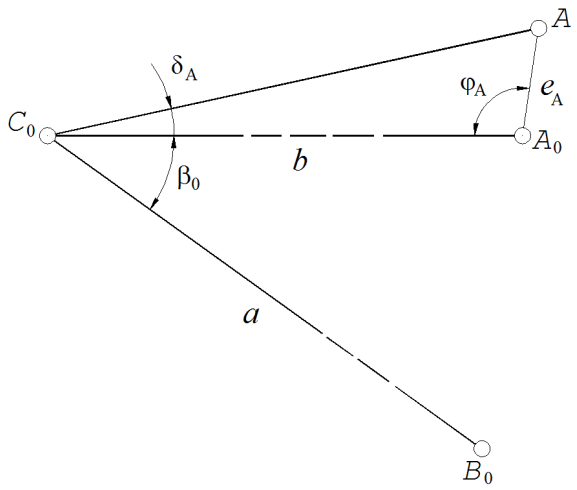

Рис. 2.1. Похибка вимірювання горизонтального кута, що обумовлена неточністю центрування сигналу A

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

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

Із рис. 2.1 випливає

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

Після відповідних перетворень отримаємо

$$m_{c_A}{}^2 = \rho^2 \frac{e_A{}^2}{2b^2}, \tag{2.2}$$

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:

$$m_{c_B}{}^2 = \rho^2 \frac{e_B{}^2}{2a^2}. \tag{2.3}$$

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 θ. У цьому випадку буде виміряний не кут β_0, а зовсім інший, тобто β.

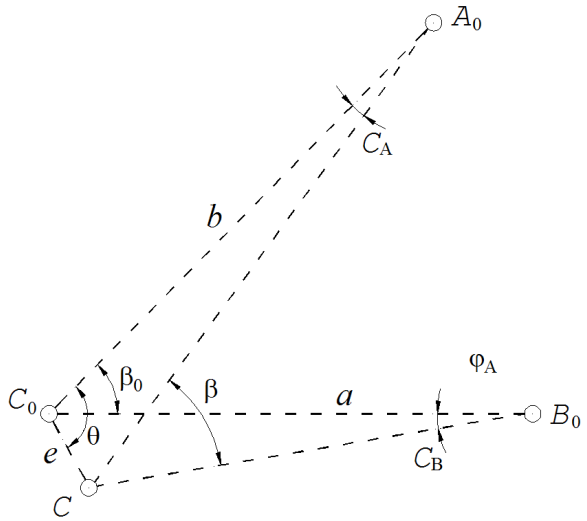

Рис. 2.2. Похибка вимірювання горизонтального кута, що обумовлена неточністю центрування теодоліту

Формула для розрахунку похибки m_e буде мати вигляд:

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

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

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:

$$m_{u_i} = \pm\sqrt{\frac{\rho^2}{2a^2 b^2}\left[e_c{}^2(a^2 + b^2) + e^2(a^2 + b^2 - 2ab\cos\beta)\right]}, \qquad (2.5)$$

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:

$$m_{u_i} = \pm\frac{\rho \cdot e}{a \cdot b}\sqrt{a^2 + b^2 - 2ab\cos\beta}\,. \qquad (2.6)$$

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 таблицях Б.1, Б.2 додатку Б. 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 ($e=2мм$).

Методичні вказівки до виконання роботи

1. За даними таблиць Б.1, Б.2 додатку Б вибрати значення: вимірюваного кута β; 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:

$$m_C = \pm\sqrt{m_{C_A}{}^2 + m_{C_B}{}^2} \qquad (2.7)$$

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

4. За результатами розрахунків, що виконані за всіма варіантами вихідних даних (з урахуванням розрахунків усіх студентів академічної групи) скласти таблиці зведених даних за формами, що наведені нижче.

5. Використовуючи дані таблиць 2.2-2.4, побудувати графіки впливу довжин сторін, що утворюють кут, і величини вимірюваного кута на похибку вимірювання кута. Приклади систем координат представлені на рис. 2.3.

Таблиця 2.2 – Зведені дані розрахунків похибок вимірювання горизонтального кута в наслідок неточності центрування теодоліта і сигналів при неоднакових довжинах сторін, що утворюють кут ($a \neq b$)

Довжини сторін, що утворюють кут a і b, м	Середні квадратичні похибки центрування		Відносний показник різниці довжин сторін a і b *
	сигналів m_c, сек.	теодоліту m_e, сек.	
$a_1 =$; $b_1 =$;			
$a_2 =$; $b_2 =$;			
$a_3 =$; $b_3 =$;			
$a_4 =$; $b_4 =$;			

* Примітка: відносний показник різниці довжин сторін вимірюваного кута можна визначити за формулою: $\Delta = 1 - \frac{l_{\max} - l_{\min}}{l_{\max}}$ (де $l_{\max}$ – найбільша довжина стороні, м; $l_{\min}$ – найменша довжина сторони, м). Значення Δ змінюється від 0 до 1, тобто $0 < \Delta \leq 1$. Чим більше значення Δ відрізняється від нуля, тим менше відрізняються між собою довжини сторін, що утворюють кут.

Таблиця 2.3 – Зведені дані розрахунків похибок вимірювання горизонтального кута, обумовлені неточністю центрування теодоліта і сигналів при однакових довжинах сторін, що утворюють кут ($a = b$)

Довжини сторін, що утворюють кут $a = b$, м	Середні квадратичні похибки центрування	
	сигналів m_c, сек.	теодоліту m_e (при $\beta = 180^o$), сек.
20 (30)		
50 (60)		
100 (90)		
120 (110)		

Таблиця 2.4 – Зведені дані розрахунку похибок вимірювання горизонтального кута із-за неточності центрування теодоліта при різних значення вимірюваного кута

Довжини сторін (a = b), м	Похибка m_e при величині вимірюваного кута β, градус						
	0º (180º)	30º (210º)	60º (240º)	90º (270º)	120º (300º)	150º (330º)	180º (360º)
20 (30)							
50 (60)							
100 (90)							
120 (110)							

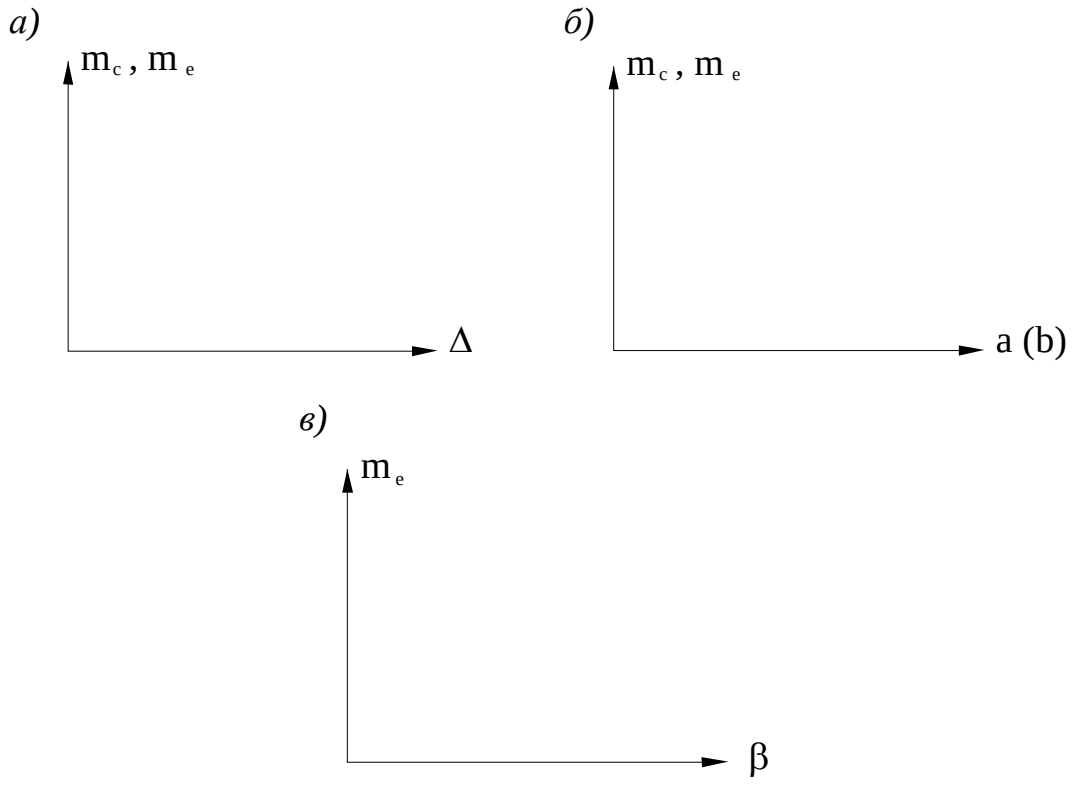

Рис. 2.3 Координатні вісі графіків:

а – залежність похибок центрування теодоліту і сигналів від різниці довжин сторін, що утворюють кут;

б – залежність похибок центрування теодоліту і сигналів від довжин сторін, що утворюють кут;

в – залежність похибки центрування теодоліту від величини вимірюваного кута.

6. 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?

Лабораторна робота № 3

Визначення загальної похибки вимірювання горизонтального кута теодолітом

Навчальні цілі: *1.Вивчення 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_β визначається за формулою:

$$m_\beta = \pm\sqrt{m_i^{\,2} + m_ц^{\,2}}\,, \qquad (3.1)$$

де m_i - інструментальна похибка; $m_ц$ - похибка обумовлена неточністю центрування теодоліта і сигналів.

Завдання

Обрати методику вимірювання горизонтального кута (спосіб вимірювання кута, число прийомів або повторень, спосіб центрування теодоліту і сигналів), що забезпечить похибку вимірювання ± 15″.

Вихідні дані

Вихідні дані, що характеризують умови вимірювання кута в гірничій виробці, приведені в таблицях В.1, В.2 додатку В. Номер варіанта для розрахунку кожен студент обирає самостійно згідно порядковому номеру в журнальному списку академічної групи.

Розрахунки слід виконати для теодоліта типа Т30.

Спосіб центрування теодоліта і сигналів – шнуровим виском одноразово (e=2*мм*).

Методичні вказівки до виконання роботи

1. З таблиць В.1, В.2 додатку В, обрати параметри вимірюваного кута у відповідності з номером у журналі академічної групи.

2. Розрахувати похибки візування та відліку, користуючись формулами (1.1-1.3) лабораторної 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) лабораторної 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) лабораторної 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 ±15″.

7. Сформулювати висновок про необхідну методику вимірювання горизонтального кута теодолітом типа Т30 з точністю ± 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.

Список літератури

1. Условные обозначения для горной графической документации: Справочник. / Министерство угольной промышленности СССР. Всесоюзный научно-исследовательский институт горной геомеханики и маркшейдерского дела. – М.: Недра , 1981. – 340 с.

2. Оглоблин Д.Н., Герасименко Г.И., Єкимов А.Г. и др. Маркшейдерское дело. М.: Недра, 1981. – 704 с.

3. Справочник по маркшейдерскому делу / Под общ. ред. проф., докт. техн. наук А. Н. Омельченко.– Изд. 3-е, перераб. и доп. М.: Недра, 1973. – 448 с.

Додаток А
Вихідні дані для виконання лабораторної роботи № 1

Таблиця А.1. – 1-а група

№ вар.	Спосіб вимірювання горизонтального кута		Тип теодоліту			Кількість прийомів (повторень)			
	прийомів	повторень	Т5	Т15	Т30	1	2	3	4
1		+		+			+		
2		+			+		+		
3		+		+				+	
4		+			+			+	
5		+		+					+
6		+			+				+
7	+		+					+	
8		+			+		+		
9	+			+		+			
10		+			+				+
11	+			+			+		
12	+				+		+		
13	+		+			+			
14	+			+		+			
15	+				+	+			
16		+		+		+			
17		+			+	+			
18	+		+						+
19	+			+					+
20	+				+				+
21	+		+					+	
22	+			+				+	
23	+				+			+	
24	+		+				+		

Таблиця А.2. – 2-а група

№ вар.	Спосіб вимірювання горизонтального кута		Тип теодоліту			Кількість прийомів (повторень)			
	прийомів	повторень	Т5	Т15	Т30	1	2	3	4
1	+		+						+
2	+			+					+
3	+				+				+
4	+		+					+	
5	+			+				+	
6	+				+			+	
7	+		+				+		
8	+			+			+		
9	+				+		+		
10	+		+			+			
11	+			+		+			
12	+				+	+			
13		+		+		+			
14		+			+	+			
15		+		+			+		
16		+			+		+		
17		+		+				+	
18		+			+			+	
19		+		+					+
20		+			+				+
21	+		+					+	
22		+			+		+		
23	+			+		+			
24		+			+				+

Додаток Б

Варіанти вихідних даних для виконання лабораторної роботи № 2

Таблиця Б.1 – 1-а група

№ вар.	Вимірюваний кут β, 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
11	90			+		50
12	120				+	50
13	150	+				50
14	180		+			50
15	0			+		100
16	30				+	100
17	60	+				100
18	90		+			100
19	120			+		100
20	150				+	100
21	180	+				100
22	45		+			120
23	75			+		120
24	105				+	120

Таблиця Б.2 – 2-а група

№ вар.	Вимірюваний кут β, градус	Довжини сторін, що утворюють кут, м				
		$a_1 = 40$; $b_1 = 120$	$a_2 = 60$; $b_2 = 120$	$a_3 = 80$; $b_3 = 120$	$a_4 = 100$; $b_4 = 120$	$a = b$
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*
1	180	+				30
2	210		+			30
3	240			+		30
4	270				+	30
5	300	+				30
6	330		+			30
7	360			+		30
8	180				+	60
9	210	+				60
10	240		+			60
11	270			+		60
12	300				+	60
13	330	+				60
14	360		+			60
15	180			+		90
16	210				+	90
17	240	+				90
18	270		+			90
19	300			+		90
20	330				+	90
21	360	+				90
22	195		+			110
23	225			+		110
24	255				+	110

Додаток В

Варіанти вихідних даних для виконання лабораторної роботи № 3

Таблиця В.1 – Параметри вимірюваного кута (1-а група)

№ вар.	Вимірюваний кут β, градус	Довжини сторін, що утворюють кут, м		№ вар.	Вимірюваний кут β, градус	Довжини сторін, що утворюють кут, м	
		a	*b*			*a*	*b*
1	10	21	42	13	190	35	120
2	25	28	65	14	205	40	80
3	40	21	42	15	220	35	120
4	55	28	65	16	235	40	80
5	70	21	42	17	250	60	160
6	85	28	65	18	265	75	140
7	100	21	42	19	280	60	160
8	115	28	65	20	295	75	140
9	130	35	120	21	310	60	160
10	145	40	80	22	325	75	140
11	160	35	120	23	340	60	160
12	175	40	80	24	355	75	140

Таблиця В.2 – Параметри вимірюваного кута (2-а група)

№ вар.	Вимірюваний кут β, градус	Довжини сторін, що утворюють кут, м		№ вар.	Вимірюваний кут β, градус	Довжини сторін, що утворюють кут, м	
		a	*b*			*a*	*b*
1	320	100	48	13	200	80	15
2	310	150	70	14	190	86	32
3	300	100	48	15	180	80	15
4	290	150	70	16	170	86	32
5	280	100	48	17	160	123	28
6	270	150	70	18	150	95	25
7	260	100	48	19	140	123	28
8	250	150	70	20	130	95	25
9	240	80	15	21	120	123	28
10	230	86	32	22	110	95	25
11	220	80	15	23	100	123	28
12	210	86	32	24	90	95	25

Упорядники:
НАЗАРЕНКО Валентин Олексійович,
ПІНЬКОВСЬКА Тамара Василівна,
ЗАБОЛОТНА Юлія Олександрівна

Методичні вказівки
до виконання лабораторних робіт з дисципліни
„Проектування та аналіз точності маркшейдерських мереж”
для студентів спеціальності 7.05030104 та 8.05030104
„Маркшейдерська справа”

ДВНЗ „НГУ”
49005, м. Дніпропетровськ, просп. К. Маркса, 19