

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
„ПОБУДОВА ТА РОЗРАХУНОК ТОЧНОСТІ ПІДЗЕМНОЇ
МАРКШЕЙДЕРСЬКОЇ ОПОРНОЇ МЕРЕЖІ”
З ДИСЦИПЛІНИ
„ПРОЕКТУВАННЯ ТА АНАЛІЗ ТОЧНОСТІ МАРКШЕЙДЕРСЬКИХ
МЕРЕЖ”
для студентів спеціальності 7.05030104, 8.05030104
“Маркшейдерська справа”

Дніпропетровськ
ДВНЗ „НГУ”
2012

Назаренко В.О., Пінковська Т.В., Заболотна Ю.О. Проектування та аналіз точності маркшейдерських мереж. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт „Побудова та розрахунок точності підземної маркшейдерської опорної мережі”. – Д.: Державний ВНЗ „Національний гірничий університет”, 2012. – 27 с.

Розробники:

Валентин Олексійович Назаренко, д-р. техн. наук, проф. (лабораторна робота № 1);

Тамара Василівна Пінковська, ст. викладач (лабораторна робота № 2);

Юлія Олександрівна Заболотна, асист. (лабораторна робота № 3).

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 аркуші формату А1 (лабораторна робота №1).

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 із „Умовними позначками...“ [1] і супроводжують необхідними надписами, що включають назву і масштаб креслення.

Лабораторна робота № 1

Побудова підземної маркшейдерської опорної мережі

- Навчальні цілі:*
- 1. Оволодіння навичками проектування підземних маркшейдерських опорних мереж у залежності від перспективного напрямку розвитку гірничих робіт підприємства.*
 - 2. Набуття навичок у прийнятті рішень щодо конфігурації опорної мережі, конструкції постійних і тимчасових пунктів.*

Побудова маркшейдерської опорної мережі – це відповідальна, складна й об’ємна робота маркшейдера на гірничому підприємстві, що вимагає дотримання нормативних документів. Підземна маркшейдерська опорна мережа (ПМОМ) є геометричною основою для виконання знімальних робіт і для вирішення гірничо-геометричних задач. ПМОМ створюється в системі координат, що прийнята на земній поверхні від пунктів триангуляції чи полігонометрії не менше 1-го розряду в результаті центрування мережі на кожному горизонті гірничих робіт. Центрування мережі повинно виконуватись двічі.

ПМОМ створюється у вигляді систем замкнених, розімкнених та висячих полігонометричних ходів. Опорні мережі прокладаються по капітальних і головних підготовчих виробках, а за необхідністю й по другорядних виробках. ПМОМ – це сукупність груп постійних пунктів, що закріплюються в основних гірничих виробках. У кожній групі повинно бути не менше трьох пунктів, а у приствольному дворі в місці центрування мережі – не менше чотирьох. Постійні пункти, конструкція яких визначена нормативними документами [2, 3], можуть закладатись у покрівлі, підшві та в сторонах виробки в залежності від гірничо-геологічних умов. Постійні пункти закладаються в місцях, що забезпечують їх довготривале збереження та стійкість. Відстань між постійними пунктами у групі повинна бути не менше 30 м. Не допускається закладання групи постійних пунктів у вигляді кута менше 30°. В умовах розробки свити пластів закладення постійних пунктів у гірничій виробці здійснюється після згасання активної стадії процесу зрушення порід масиву від

впливу очисної виробки. У поодиноких капітальних виробках постійні пункти закладають на відстані 60-80 м від вибою при міцних породах і 100-120 м при слабких породах. На сполученнях гірничих виробок закладати постійні пункти не рекомендується.

Пункти, що знаходяться між групами постійних пунктів, називаються тимчасовими. Основними видами центрів тимчасових пунктів на підприємстві можуть бути: металевий кутик, дерев'яний чи металевий клин, задирки, що вибиті зубилом, гачок із сталевого обмідненого дроту. Обрання тієї чи іншої конструкції тимчасових пунктів залежить від виду кріплення та наявних матеріалів. Усі пункти опорної мережі нумеруються та здійснюється їх прив'язка до розбивальних пікетів виробки. Нумерацію пунктів рекомендується здійснювати від початку виробки.

Кутові виміри

Виміри кутів у підземних полігонометричних ходах виконуються теодолітами з точністю відлікового пристрою не менше 15".

Середні квадратичні погрішності виміру горизонтальних кутів - 20", вертикальних - 30".

Спосіб центрування теодоліту обирається в залежності від довжин сторін кута, що вимірюється, у відповідності із горизонтальним прокладенням меншої сторони кута:

- від 5 до 10 м – автоматичне центрування;
- від 11 до 20 м – оптичне центрування або дворазове вимірювання кута з незалежним центруванням шнурковим виском перед кожним виміром;
- понад 21 м – одноразове центрування шнурковим виском.

Лінійні виміри

Довжини сторін у полігонометричних ходах необхідно виміряти світловідалемірами, сталевими компарованими рулетками або іншими приладами, що забезпечують необхідну точність.

Розбіжність між двома вимірами сторони – не більше 1:3000 її довжини.

Компарування рулеток слід виконувати шляхом виміру довжини компаратора не менше п'яти разів у прямому та зворотному напрямках. Середня квадратична помилка остаточного значення довжини рулетки визначається по відхиленнях одержаних результатів від середнього і повинна бути не більше 1:30000 довжини рулетки.

Лінійні виміри рулеткою в опорних мережах необхідно виконувати при постійному натягу, який дорівнює натягу при компаруванні, що визначають за допомогою динамометра. Температуру слід враховувати, якщо вона відрізняється від температури компарування більше 5°C. Кут нахилу лінії враховується, якщо він більше 1°.

Кожен інтервал вимірюється двічі із зміщенням рулетки між вимірами. Відліки беруться до міліметрів. Розбіжність між результатами вимірів повинна бути не більше 5 мм.

Завдання

Побудувати підземну маркшейдерську опорну мережу з урахуванням перспективного планування розвитку гірничих робіт підприємства, користуючись матеріалами виробничої практики.

Вихідні дані

Схема полігонометричного ходу задається кожному студенту індивідуально по плану гірничих виробок.

Студент проектує маркшейдерську опорну мережу, частково використавши за основу існуючу опорну мережу на даному горизонті підприємства, або створює нову у відповідності з планом розвитку гірничих робіт.

Конструкція постійних і тимчасових пунктів обирається в залежності від гірничо-геологічних і гірничотехнічних умов роботи підприємства з урахуванням прийнятих конструкцій пунктів при створенні існуючої опорної мережі.

Методичні вказівки до виконання роботи

1. Кожен студент разом із викладачем повинен обирати конфігурацію та протяжність підземної маркшейдерської опорної мережі, користуючись матеріалами практики. Перш за все по плану гірничих робіт визначити перспективний напрямок розвитку гірничих робіт на підприємстві та в обраному напрямку задати найбільш віддалену точку існуючої чи запроектованої виробки.

2. На ватмані формату А1 зробити тушшю викопіювання фрагменту плану гірничих робіт у відповідності із „Умовними позначками ...” [1], де в подальшому буде запроектовано опорну мережу. На кресленні повинні бути відображені стволи, виробки навколоствольного двору, капітальні та головні підготовчі виробки із сполученнями, де планується створювати опорну мережу, геологічні порушення, що пересікають зазначені виробки, навколоствольний та інші цілики.

3. Користуючись нормативними документами [2, 3], обрати конструкції постійних та тимчасових пунктів для запроектованої опорної мережі. Надати обрані конструкції на кресленні.

4. По осі виробки у відповідності із „Умовними позначками ...” [1] нанести групи постійних пунктів та тимчасові пункти підземної опорної маркшейдерської мережі. При цьому слід враховувати прийняту на підприємстві середню довжину сторін полігонометричного ходу, видимість між пунктами при існуючій вологості та запиленості повітря, конфігурацію виробок, тектонічну порушеність даної ділянки та ін.

5. Обов'язково пронумерувати постійні й тимчасові пункти опорної мережі.

Нумерацію пунктів виконати в такий спосіб:

- нумерувати пункти арабськими цифрами від 1 і далі, розпочавши від ствола;
- у позначенні тимчасових пунктів застосовувати тільки цифрові позначки;

- до позначок постійних пунктів крім цифрової назви додати букви:

B_{II} – пункт, бетонований у підосві виробки;

B_K – пункт, бетонований у покрівлі виробки.

Приклад побудови підземної маркшейдерської опорної мережі представлений на рис. 1.1.

Питання для самоконтролю

1. З якою метою створюється та з чого складається підземна маркшейдерська опорна мережа?
2. По яких виробках прокладається підземна маркшейдерська опорна мережа?
3. Які вимоги пред'являються до постійних пунктів підземної маркшейдерської опорної мережі?
4. Точність кутових вимірів при створенні підземної маркшейдерської опорної мережі.
5. Точність лінійних вимірів при створенні підземної маркшейдерської опорної мережі.
6. Перерахуйте поправки та умови їх введення у виміряні довжини сторін підземної маркшейдерської опорної мережі.
7. Вкажіть прилади для вимірювання кутів і довжин сторін у підземних полігонометричних ходах.

ПОБУДОВА ПІДЗЕМНОЇ МАРКШЕЙДЕРСЬКОЇ ОПОРНОЇ МЕРЕЖИ
В УМОВАХ ШАХТИ "ЗАХІДНО-ДОНЕЦЬКА"
МАСШТАБ 1:5000

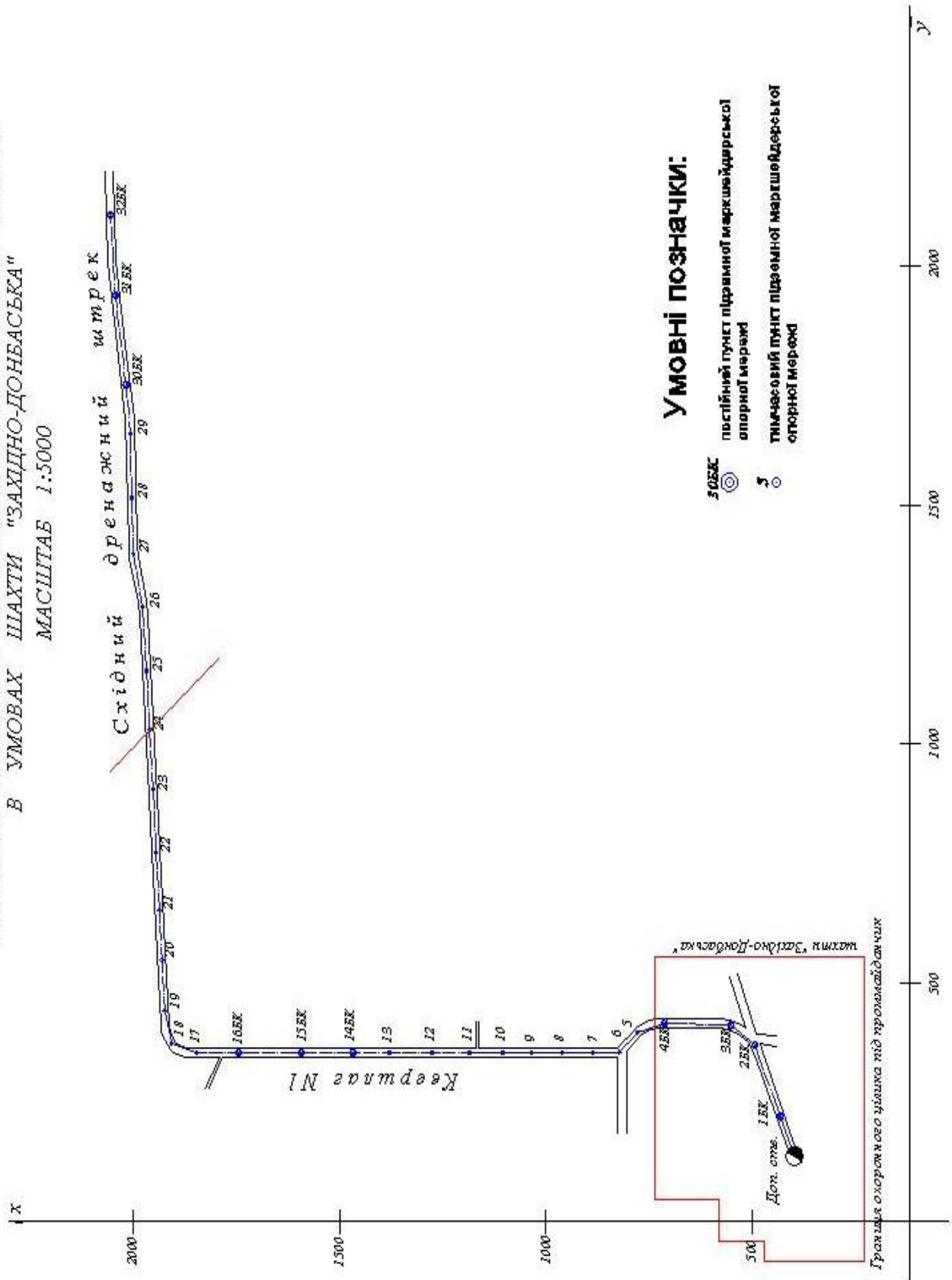


Рис. 1.1 Приклад побудови підземної маркшейдерської опорної мережі

Лабораторна робота № 2

Визначення похибки положення віддаленого пункту висячого полігонометричного ходу

Навчальні цілі:

1. *Набуття навичок у розрахунках загальної похибки положення віддаленого пункту підземної маркшейдерської опорної мережі залежно від обраної методики і точності куткових та лінійних вимірювань.*
2. *Набуття навичок у прийнятті рішень при аналізі загальної похибки положення кінцевого пункту висячого полігонометричного ходу.*

При проектуванні підземних опорних мереж виникає необхідність визначення похибки положення віддалених пунктів з метою встановлення відповідності заданому допуску. При аналізі точності підземних полігонометричних ходів дія похибок визначається за результуючим впливом основних джерел похибок:

- похибка визначення дирекційного кута вихідної сторони ходу;
- похибок, що виникають при вимірюванні горизонтальних кутів і довжин сторін ходу;
- похибок визначення дирекційних кутів гірсторін для ходів з гіроскопічними вставками.

Похибки координат вихідних пунктів мають незначний вплив, тому їх слід враховувати тільки при вирішенні спеціальних питань.

Загальна середньоквадратична похибка положення пункту ходу не повинна перевищувати 0,6 м для вугільних підприємств (вимоги нормативного документу „Маркшейдерські роботи на вугільних шахтах і розрізах” [3]); загальна середньоквадратична похибка положення пункту ходу не повинна перевищувати 0,4 мм на плані, що становить 0,4 м і 0,8 м для планів масштабів 1:1000 та 1:2000 відповідно, для інших гірничовидобувних підприємств (вимоги Інструкції з виконання маркшейдерських робіт [2]).

Загальна середньоквадратична похибка положення пункту хода визначається за формулою:

$$M = \pm \sqrt{M_x^2 + M_y^2}, \quad (2.1)$$

де M_x , M_y – середньоквадратичні похибки координат пункту.

$$M_X = \pm \sqrt{m_{x_\beta}^2 + m_{x_s}^2}, \quad (2.2)$$

$$M_Y = \pm \sqrt{m_{y_\beta}^2 + m_{y_s}^2}, \quad (2.3)$$

де m_{x_β} , m_{y_β} – похибки координат пункту, що залежать від похибок вимірювання горизонтальних кутів; m_{x_s} , m_{y_s} – похибки координат пункту, що залежать від похибок вимірювання довжин сторін.

Похибки координат пункту K висячого полігонометричного ходу в залежності від похибок вимірювання кутів без урахування похибки вихідної сторони обчислюються за формулами:

$$m_{x_\beta} = \pm \frac{1}{\rho} \sqrt{\sum m_{\beta_i}^2 \cdot R_{i_y}^2}, \quad (2.4)$$

$$m_{y_\beta} = \pm \frac{1}{\rho} \sqrt{\sum m_{\beta_i}^2 \cdot R_{i_x}^2}, \quad (2.5)$$

де m_{β_i} – похибка вимірювання i -того кута ходу; R_{i_x} і R_{i_y} – проекції на вісі координат відстаней (радіус-векторів) від i -тих вершин ходу до пункту K ; $\rho = 206265''$.

У випадку, коли похибки вимірювання горизонтальних кутів m_β однакові, то формули (2.4) і (2.5) будуть мати вигляд:

$$m_{x_\beta} = \pm \frac{m_\beta}{\rho} \sqrt{\sum R_{i_y}^2}, \quad (2.6)$$

$$m_{y_\beta} = \pm \frac{m_\beta}{\rho} \sqrt{\sum R_{i_x}^2} \quad (2.7)$$

Проекції R_x , R_y визначаються графічно з плану гірничих виробок. Приклад визначення наведений на рис. 2.1.

Похибка вимірювання горизонтального кута обчислюється за формулою:

$$m_\beta = \pm \sqrt{m_i^2 + m_u^2}, \quad (2.8)$$

де m_i – інструментальна похибка; m_u – похибка із-за неточності центрування теодоліта і сигналів.

У залежності від прийнятого способу вимірювання горизонтальних кутів

інструментальна похибка визначається за формулами (2.9) або (2.10).

У випадку, якщо горизонтальний кут вимірюється способом прийомів:

$$m_i = \pm \sqrt{\frac{m_v^2 + m_o^2}{n}} \quad (2.9)$$

У випадку, якщо горизонтальний кут вимірюється способом повторень:

$$m_i = \pm \sqrt{\frac{m_v^2}{n} + \frac{m_o^2}{2n^2}}, \quad (2.10)$$

де m_v – похибка візування, m_o – похибка відліку, n – кількість прийомів або повторень.

Похибка візування може бути визначена за формулами (2.11) або (2.12).

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

$$m_v = \pm \frac{\alpha_{\min}}{\nu} \approx \pm \frac{60''}{\nu}, \quad (2.11)$$

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

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

$$m_v = \pm \frac{d}{12}, \quad (2.12)$$

де d – кутова відстань між нитками бісектора.

Похибка візування розраховується за обома формулами (2.11) і (2.12), а для подальших розрахунків у цій роботі слід прийняти більшу величину із отриманих значень.

Середня похибка відліку m_o визначається за формулою:

$$m_o = \pm \frac{t}{3,5}, \quad (2.13)$$

де t – точність взяття відліку по горизонтальному кругу.

Значення, ν , d і t для різних типів теодолітів наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Значення v , d , t для різних типів теодолітів

Показник	Тип теодоліту		
	T5	T15	T30
v , крат	27,5	24	18
d , кут. секунди	40	60	60
t , кут. секунди	6	12	30

Похибка вимірювання горизонтального кута, що обумовлена неточністю центрування теодоліта і сигналів визначається за формулою:

$$m_{\alpha_i} = \pm \sqrt{\frac{\rho^2}{2a^2b^2} [e_c^2(a^2 + b^2) + e^2(a^2 + b^2 - 2ab \cos \beta)]}, \quad (2.14)$$

де $\rho = 206265''$, e – лінійна похибка центрування теодоліта, a , b – довжини сторін, e_c – лінійна похибка центрування сигналів, β – виміряний горизонтальний кут.

У випадку, якщо лінійні похибки центрування теодоліта та обох сигналів однакові, тобто $e_c=e$, розрахунок можна проводити, користуючись формулою:

$$m_{\alpha_i} = \pm \frac{\rho \cdot e}{a \cdot b} \sqrt{a^2 + b^2 - 2ab \cos \beta} \quad (2.15)$$

Лінійні похибки центрування теодоліта і сигналів (e та e_c) наведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – 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

Похибка лінійних вимірювань із застосуванням сталевих рулеток залежить від впливу випадкових і систематичних похибок. Тому похибки координат пункту K всякого полігонометричного ходу в залежності від

похибок вимірювання довжин сторін розраховуються за формулами:

$$m_{x_s} = \pm \sqrt{m_{x_{s_{cl}}}^2 + m_{x_{s_{сум}}}^2}, \quad (2.16)$$

$$m_{y_s} = \pm \sqrt{m_{y_{s_{cl}}}^2 + m_{y_{s_{сум}}}^2}, \quad (2.17)$$

де $m_{x_{s_{cl}}}$, $m_{y_{s_{cl}}}$ – похибки координат пункту, обумовлені впливом випадкових похибок вимірювання довжин сторін, $m_{x_{s_{сум}}}$, $m_{y_{s_{сум}}}$ – похибки координат пункту, обумовлені впливом систематичних похибок вимірювання довжин.

$$m_{x_{s_{cl}}} = \pm \mu \sqrt{\sum S_i \cdot \cos^2 \alpha_i}, \quad (2.18)$$

$$m_{y_{s_{cl}}} = \pm \mu \sqrt{\sum S_i \cdot \sin^2 \alpha_i}, \quad (2.19)$$

де μ – коефіцієнт випадкового впливу, $\mu = 0,001$; S_i – виміряна довжина i -тої сторони, α_i – дирекційний кут i -тої сторони.

$$m_{x_{s_{сум}}} = \pm \lambda \cdot L_x, \quad (2.20)$$

$$m_{y_{s_{сум}}} = \pm \lambda \cdot L_y, \quad (2.21)$$

де λ – коефіцієнт систематичного впливу, $\lambda = 0,00005$, L_x та L_y – проекції на вісі координат замикаючої L , що з'єднує пункт K з початковим пунктом ходу (рис. 5.1).

Завдання

1. Визначити похибку положення віддаленого пункту K висячого полігонометричного ходу.
2. Виконати аналіз якості запроектованої підземної маркшейдерської опорної мережі, порівнюючи результати розрахунків з допустимими даними.

Вихідні дані

1. Схема запроектованої підземної опорної маркшейдерської мережі використовується з лабораторної роботи № 1.
2. Тип теодоліта, спосіб вимірювання горизонтальних кутів, прилад для вимірювання довжин сторін ходу кожен студент обирає самостійно.

3. Середньоквадратична похибка вимірювання горизонтальних кутів у шахті відповідно до нормативних документів [2, 3] приймається $m_\beta = 20''$.

Методичні вказівки до виконання роботи

1. Користуючись наданою схемою полігонометричного ходу, визначити графічно дирекційний кут першої сторони $\alpha_{1БК-2БК}$, довжини сторін ходу S_i , горизонтальні кути β_i та координати пунктів ходу x_i, y_i . Точність визначення кутових величин $0,5^\circ$, лінійних – $0,1$ мм на плані. Дані представити у вигляді таблиці (таблиця 2.3).

Таблиця 2.3 – Виміряні кути, довжини сторін та координати пунктів полігонометричного ходу

№ пунктів ходу	Виміряні кути β_i , градус	Дирекційні кути сторін ходу α_i , градус	Виміряні довжини сторін S_i , м	Координати пунктів, м	
				x, м	y, м
1Бк		120°30'	57,0	110,5	500,0
2Бк	146°30'	87°00'	71,5	115,0	601,5
3Бк	180°30'			160,0	665,0
...					
30Бк	178°00'	160°00'	120,5	551,5	705,5
31Бк	176°30'	158°00'	100,0	605,0	800,0
32Бк		154°30'	95,5	700,0	925,0

2. Так як середньоквадратична похибка вимірювання горизонтальних кутів у шахті прийнята відповідно до нормативних документів [2, 3] $m_\beta = 20''$, у даній роботі не має потреби розраховувати інструментальну похибку та похибку, обумовлену неточністю центрування теодоліта і сигналів.

Користуючись формулами (2.6) та (2.7) обчислити похибки координат

пункту K в залежності від похибок вимірювання горизонтальних кутів. Проекції R_x, R_y визначити графічно. Приклад визначення наведений на рис. 2.1. Отримані результати представити у вигляді таблиці (таблиця 2.4).

Таблиця 2.4 – Розрахунок сум $\sum R_x^2, \sum R_y^2$

№ пунктів ходу	Радіус-вектор, м		$R_x^2, \text{м}^2$	$R_y^2, \text{м}^2$
	$R_x, \text{м}$	$R_y, \text{м}$		
2Б _К				
3Б _К				
4Б _К				
...				
31Б _К				
			Σ	Σ

3. За формулами (2.18) і (2.19) визначити $m_{x_{Sci}}, m_{y_{Sci}}$ – похибки координат пункту, обумовлені впливом випадкових похибок вимірювання довжин сторін. Отримані результати надати у вигляді таблиці (таблиця 2.5).

Таблиця 2.5 – Розрахунок сум $\sum S_i \cdot \cos^2 \alpha_i$ та $\sum S_i \cdot \sin^2 \alpha_i$

Сторона ходу	$S_i, \text{м}$	$\alpha_i, \text{градус}$	$\cos \alpha_i$	$\cos^2 \alpha_i$	$S_i \cdot \cos^2 \alpha_i$	$\sin \alpha_i$	$\sin^2 \alpha_i$	$S_i \cdot \sin^2 \alpha_i$
1Б _К -2Б _К								
2Б _К -3Б _К								
...								
31Б _К -32Б _К								
				Σ	Σ		Σ	Σ

4. Користуючись формулами (2.20) та (2.21) розрахувати $m_{x_{Scum}}, m_{y_{Scum}}$ – похибки координат пункту, обумовлені впливом систематичних похибок вимірювання довжин, а потім за формулами (2.17) і (2.16) – m_{x_s}, m_{y_s}

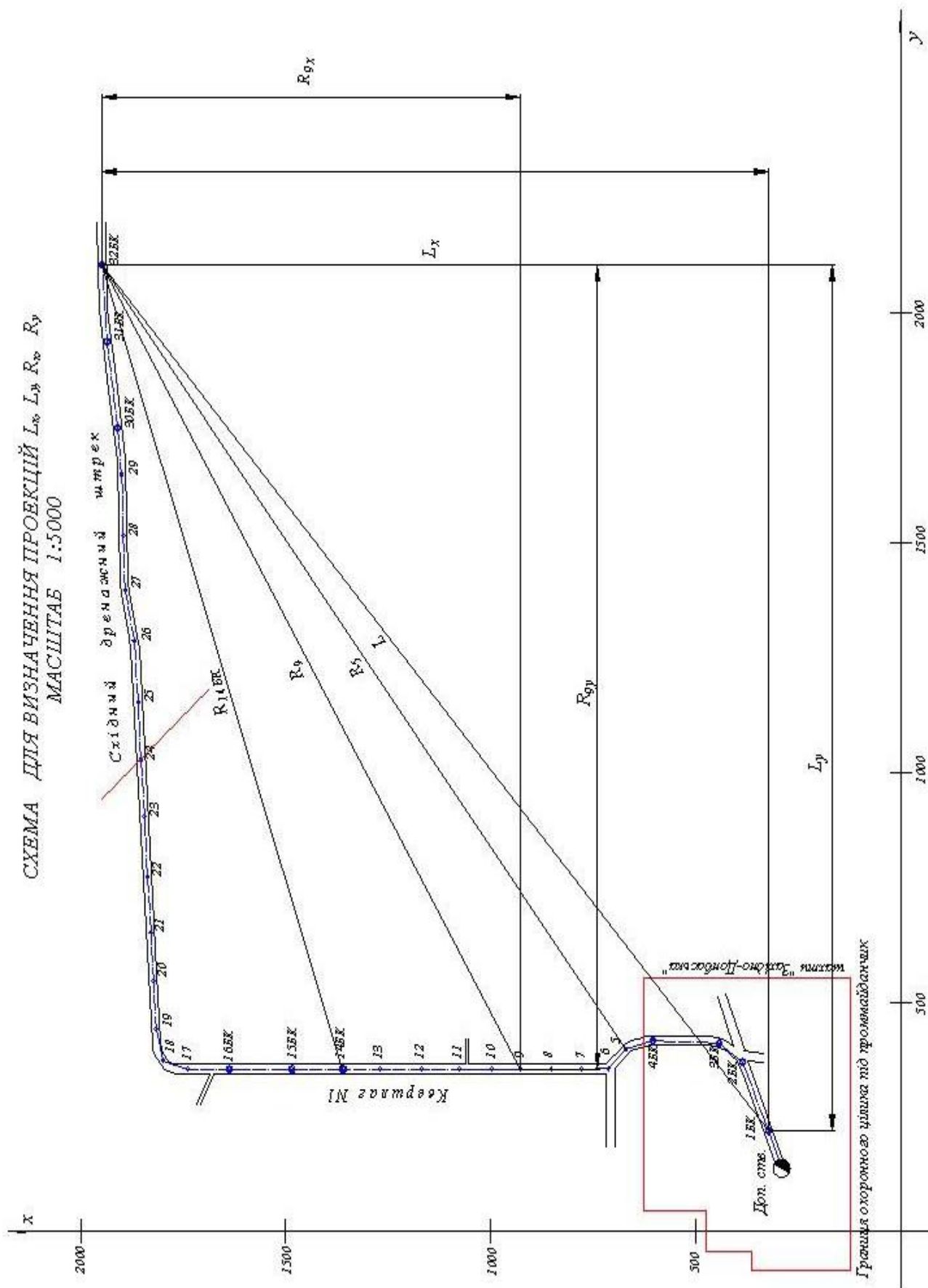


Рис. 2.1. Визначення проєкцій R_x , R_y та L_x , L_y

5. За формулами (2.2) та (2.3) обчислити M_x , M_y , а за формулою (2.1) – загальну похибку положення віддаленого пункту ходу M .

6. Проаналізувати отримані результати, порівняти їх із допустимим значенням та зробити висновок про якість запроєктованої підземної маркшейдерської опорної мережі.

Питання для самоконтролю

1. Як впливає форма ходу та розташування осей координат на похибки визначення координат за рахунок похибок вимірювання кутів?
2. Як впливає розташування сторін ходу на похибки координат пунктів за рахунок випадкових похибок вимірювання довжин?
3. Як впливає форма ходу та розташування осей координат на похибки координат віддаленого пункту на розрахунок систематичних похибок вимірювання довжин?
4. Яка допустима величина загальної середньоквадратичної похибки положення пункту всякого полігонометричного ходу у відповідності з положеннями нормативних документів?
5. Які раціональні способи зменшення впливу похибок вимірювання горизонтальних кутів і довжин сторін на похибки положення кінцевого пункту K в заданій схемі?

Лабораторна робота № 3

Похибка положення віддаленого пункту висячого полігонометричного ходу з гірсторонами

- Навчальні цілі:*
- 1. Набуття навичок у проектуванні підземних маркшейдерських опорних мереж із гірсторонами, виборі способів створення опорних мереж залежно відобраної методики кутових і лінійних вимірів, а також від кількості гірвставок.*
 - 2. Набуття навичок у прийнятті рішень при аналізі загальної похибки положення кінцевого пункту висячого полігонометричного ходу з гірсторонами.*

У лабораторній роботі № 2 виконаний розрахунок загальної середньоквадратичної похибки положення віддаленого пункту полігонометричного ходу для найпростішого варіанту створення підземної маркшейдерської опорної мережі (кутові виміри виконувались теодолітом, а лінійні – сталеву компаровану рулеткою). Як показує практика, у цьому випадку загальна похибка положення кінцевого пункту полігонометричного ходу перевищує допустиму величину. Підвищення точності запроектованої опорної мережі вимагає внесення у проект змін. Ці зміни можуть стосуватися конфігурації полігонометричного ходу, методики виконання кутових і лінійних вимірів, способів центрування теодоліта та сигналів. Слід зауважити, що рішення про внесення змін у проект приймається після детального аналізу джерел похибок і визначення ступеню їх впливу на загальну похибку положення кінцевого пункту опорної мережі. Після внесення змін до проекту повторно виконується розрахунок загальної середньоквадратичної похибки положення кінцевого пункту опорної мережі та порівняння її з нормативною величиною.

У більшості випадків внесення обраних змін не підвищує точність запроектованої опорної мережі. Одним із головних способів підвищення точності опорної мережі є вставки гірсторін. Гірсторона – сторона опорної мережі, дирекційний кут якої визначено гірокомпасом. Кількість гірсторін повинна бути не менше трьох і розташовуються вони на початку, в середині та в кінці полігонометричного ходу. Довжина гірсторін повинна бути не менше

50 м, у виняткових випадках – не менше 30 м. По можливості гірсторони сполучають із групами постійних пунктів. Вибране розміщення гірсторін повинно забезпечувати необхідну погрішність пунктів опорної мережі з урахуванням її майбутнього розвитку. Полігонометричний хід опорної мережі розділяється гірсторонами на секції. Секція підземної маркшейдерської опорної мережі – ділянка полігонометричного ходу між двома сусідніми гірсторонами. Довжина секції повинна бути не більше 1,5 км.

Для визначення дирекційних кутів гірсторін підземної маркшейдерської опорної мережі застосовуються маркшейдерські гірокомпаси, що забезпечують одиничне визначення гіроскопічного азимута із середньою квадратичною помилкою 30".

У зв'язку зі вставкою в полігонометричний хід гірсторін змінюється методика розрахунку загальної похибки положення кінцевого пункту полігонометричного ходу. Ця методика подана нижче. Крім того, в навчальних цілях пропонується змінити методику виконання лінійних вимірів, а саме для вимірювання довжин сторін застосувати світловіддалемір МСД-1М.

Загальна похибка положення M і похибки координат M_x та M_y кінцевого пункту всячого полігонометричного ходу, розподіленого на секції гірсторонами визначаються за формулами (2.1)-(2.3) лабораторної роботи № 2.

Похибки координат пункту ходу, що залежать від похибок вимірювання довжин сторін розраховуються за формулами:

$$m_{x_s} = \pm \sqrt{4 \sum \cos^2 \alpha_i + 20 \cdot 10^6 \sum S_i \cdot \cos^2 \alpha_i + 25 \cdot 10^{12} \sum S_i \cdot \cos^2 \alpha_i}, \quad (3.1)$$

$$m_{y_s} = \pm \sqrt{4 \sum \sin^2 \alpha_i + 20 \cdot 10^6 \sum S_i \cdot \sin^2 \alpha_i + 25 \cdot 10^{12} \sum S_i \cdot \sin^2 \alpha_i}, \quad (3.2)$$

де α_i та S_i – дирекційні кути і довжини сторін ходу відповідно.

Похибки координат кінцевого пункту K всячого полігонометричного ходу в залежності від похибок вимірювання горизонтальних кутів і дирекційних кутів гірсторін обчислюються за формулами:

$$m_{x_{\beta}} = \pm \frac{1}{\rho} \sqrt{m_{\beta}^2 \{ [D_{i_y}^2]_I + [D_{i_y}^2]_{II} \} + m_{\alpha_r}^2 \left\{ (y_1 - y_{O_1})^2 + (y_{O_1} - y_{O_{II}})^2 + (y_{O_{II}} - y_K)^2 \right\}}, \quad (3.3)$$

$$m_{y_{\beta}} = \pm \frac{1}{\rho} \sqrt{m_{\beta}^2 \{ [D_{i_x}^2]_I + [D_{i_x}^2]_{II} \} + m_{\alpha_r}^2 \left\{ (x_1 - x_{O_1})^2 + (x_{O_1} - x_{O_{II}})^2 + (x_{O_{II}} - x_K)^2 \right\}}, \quad (3.4)$$

де m_{β} – середньоквадратична похибка вимірювання горизонтальних кутів; m_{α_r} – похибка визначення дирекційних кутів гірсторін; $[D_{i_x}^2]$, $[D_{i_y}^2]$ - суми квадратів проекцій на вісі координат відстаней від i -тих вершин секцій ходу до її центру тяжіння (рис. 3.1), I і II – номери секцій ходу, x_1 і y_1 – першого (вихідного) пункту ходу, x_K і y_K – координати кінцевого пункту ходу, x_O і y_O – координати центрів тяжіння секцій ходу.

Координати центрів тяжіння секцій ходу визначаються за формулами:

$$x_O = \frac{\sum x_i}{n}, \quad (3.5)$$

$$y_O = \frac{\sum y_i}{n}, \quad (3.6)$$

де x_i і y_i – координати i -тих вершин секцій ходу; n – кількість вершин секцій ходу.

Координати пунктів ходу обираються з таблиці 2.3 лабораторної роботи № 2.

Завдання

1. Визначити похибку положення віддаленого пункту K висячого полігонометричного ходу з гірсторонами.

2. Виконати аналіз якості запроєктованої підземної маркшейдерської опорної мережі з гірсторонами, порівнюючи результати розрахунків з допустимими даними.

Вихідні дані

1. Схема ходу використовується кожним студентом із лабораторної

роботи № 2.

2. Довжини сторін виміряні світловіддалеміром МСД-1М.

3. Дирекційні кути вихідної, останньої та сторін у середині ходу визначені гіроскопічним способом (рис. 3.1); похибка визначення дирекційних кутів гірокомпасом $m_{\alpha_r} = 30''$.

4. Середньоквадратична похибка вимірювання горизонтальних кутів в шахті у відповідності з положеннями нормативних документів [2, 3] приймається $m_{\beta} = 20''$.

Методичні вказівки до виконання роботи

1. Використовуючи запроектовану схему полігонометричного ходу лабораторної роботи №1 та ознайомившись з вимогами нормативних документів [2, 3] щодо гіроскопічного орієнтування підземної маркшейдерської мережі, запроектувати необхідну кількість гірсторін у ході.

2. За формулами (3.1) і (3.2) розрахувати m_{x_s} та m_{y_s} – похибки координат пункту ходу, що залежать від похибок вимірювання довжин сторін. Суми $\sum \cos^2 \alpha_i$, $\sum \sin^2 \alpha_i$, $\sum S_i \cdot \cos^2 \alpha_i$, $\sum S_i \cdot \sin^2 \alpha_i$ використати з таблиці 2.5 лабораторної роботи № 2.

3. За формулами (3.5) та (3.6) визначити координати центрів тяжіння всіх секцій ходу. Координати i -тих вершин секцій ходу обрати з таблиці 2.3 лабораторної роботи № 2. Нанести центри тяжіння на креслення.

4. Користуючись формулами (3.3) і (3.4), обчислити $m_{x_{\beta}}$ та $m_{y_{\beta}}$ – похибки координат кінцевого пункту ходу в залежності від похибок вимірювання горизонтальних кутів і дирекційних кутів гірсторін. Розрахунок сум $[D_{i_x}^2]$ і $[D_{i_y}^2]$ рекомендується представляти у вигляді таблиці (таблиця 3.1).

5. За формулами (2.2) та (2.3) лабораторної роботи № 2 визначити M_x , M_y , а за формулою (2.1) – загальну середньоквадратичну похибку положення віддаленого пункту ходу M .

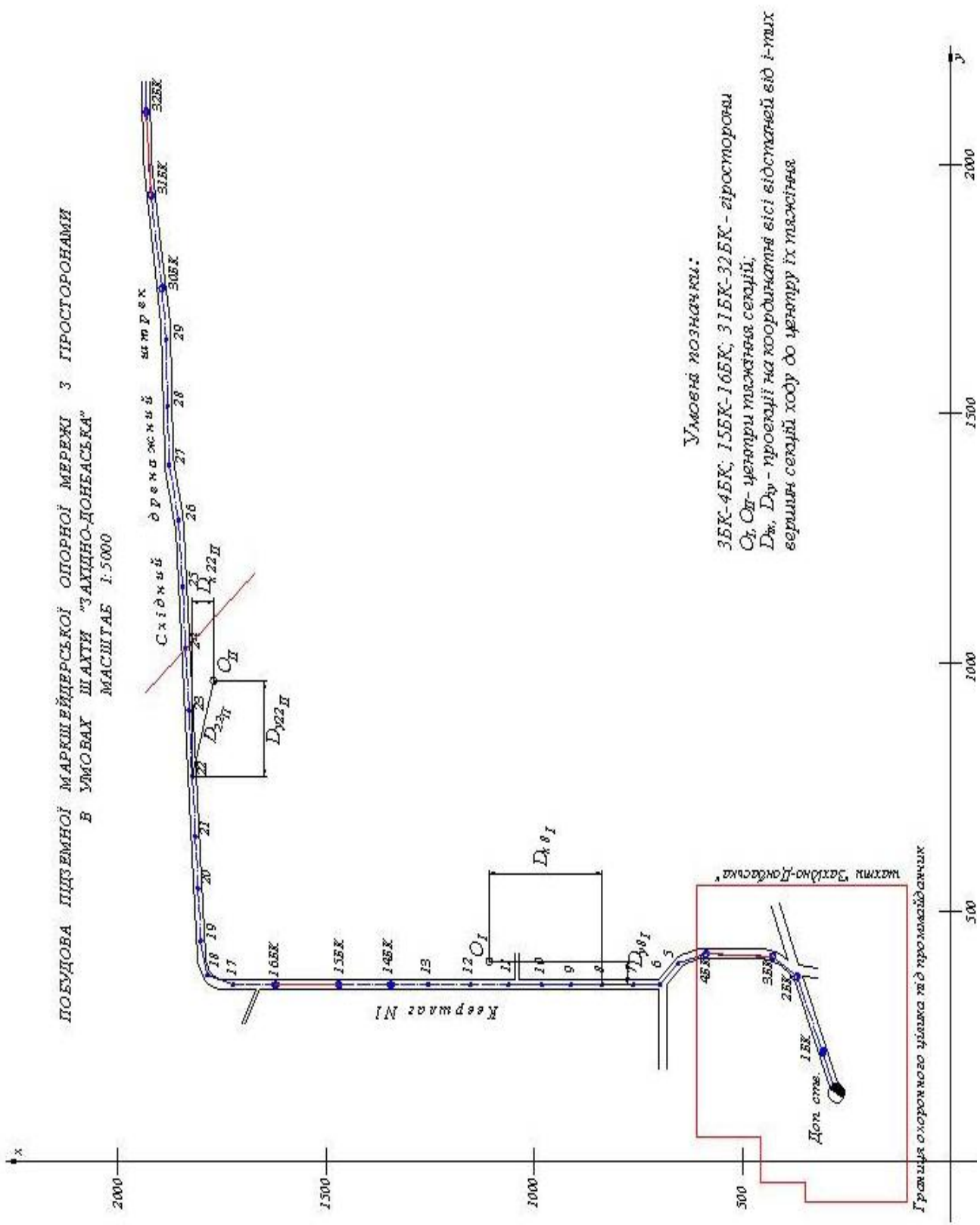


Рис. 3.1. Визначення величин D_{ix} та D_{iy}

Таблиця 3.1 – Розрахунок сум $[D_{i_x}^2]$ і $[D_{i_y}^2]$

№ пункту	D_{i_x} , м	D_{i_y} , м	$D_{i_x}^2$, м ²	$D_{i_y}^2$, м ²
Для I секції				
			Σ	Σ
Для II секції				
			Σ	Σ

6. Проаналізувати отримані результати, порівняти їх із допустимим нормативним значенням та зробити висновок про якість запроєктованої підземної маркшейдерської опорної мережі з гірсторонами, а також зазначити як впливає на якість мережі вставка гірсторін та вимірювання довжин сторін ходу світловіддалеміром МСД-1М.

Питання для самоконтролю

1. Назвіть шляхи підвищення точності підземної маркшейдерської опорної мережі.
2. Яка середня квадратична похибка вимірювання горизонтальних кутів у підземних полігонометричних ходах з гірсторонами?
3. Які прилади застосовуються для визначення дирекційних кутів сторін полігонометричного ходу?
4. Яка похибка вимірювання дирекційного кута сторони гірокомпасом МВТ-2?

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. Инструкция по производству маркшейдерских работ / Министерство угольной промышленности СССР. Всесоюзный научно-исследовательский

институт горной геомеханики и маркшейдерского дела.– М.: Недра, 1987.– 240с.

3. Маркшейдерські роботи на вугільних шахтах і розрізах. Інструкція / Ред. коміс.: М.Є. Капланець (голова) та ін. – Вид. офіц. – Донецьк: ТОВ „АЛАН”, 2001. – 264 с.

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

5. 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.

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