ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»

ОСНОВИ МАРКШЕЙДЕРСЬКОЇ СПРАВИ:

методичні рекомендації до виконання індивідуального завдання «Обробка результатів маркшейдерських зйомок у підземних виробках»

Запоріжжя 2026

metinvest polytechnic

УДК 622.1(072)
О72

Затверджено на методичному семінарі
кафедри гірничої справи
(протокол №3 від 18.11.2026)

Укладачі

Назаренко В.О., докт. техн. наук, професор

Бруй Г.В., канд. техн. наук, доцент.

О72 **Основи** маркшейдерської справи : методичні рекомендації до виконання індивідуального завдання «Обробка результатів маркшейдерських зйомок у підземних виробках» / уклад.: В.О. Назаренко, Г. В. Бруй. Запоріжжя : ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», 2026. 17 с.

Методичні вказівки містять основні теоретичні відомості, приклади, довідковий матеріал та похідні данні для виконання індивідуального завдання за темою «Обробка результатів маркшейдерських зйомок у підземних виробках» при вивченні студентами дисципліни «Основи маркшейдерської справи». Матеріал навчального посібника має на меті підвищити якість теоретичних знань, та дозволяє їм набути навички з обробки результатів маркшейдерських зйомок у підземних виробках.

Рекомендовано для студентів спеціальності G16 Гірництво та нафтогазові технології (184 Гірництво) усіх форм навчання першого (бакалаврського) рівня освіти.

УДК 622.1(072)

© ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», 2026

ЗМІСТ

ВСТУП 4
Загальні відомості про Підземні маркшейдерські знімальні мережі 5
Вимоги до кутових вимірювань повинні в теодолітних ходах 6
Вимоги до лінійних вимірювань у теодолітних ходах. 7
Обчислення координат пунктів знімальних мереж. 8
Завдання та віхідні дані 10
Методичні рекомендації до виконання індивідуального завдання 11
ЛІТЕРАТУРА 15
Додаток А. 16
Приклад титульного листа 16

ВСТУП

Маркшейдерська справа є однією з основних складових професійної підготовки фахівців гірничого профілю, оскільки забезпечує просторове обґрунтування ведення гірничих робіт, контроль параметрів гірничих виробок та безпечну експлуатацію родовищ корисних копалин. Сучасне гірниче виробництво неможливо уявити без систематичного виконання маркшейдерських вимірювань, обробки отриманих результатів і створення графічної документації, що відображає фактичний стан гірничих робіт.

Підземні маркшейдерські зйомки є важливим елементом комплексу маркшейдерських робіт, оскільки дозволяють визначати просторове положення гірничих виробок, контролювати правильність проведення підготовчих та очисних виробок, здійснювати прив'язку нових виробок до існуючої гірничої мережі, а також забезпечувати безпеку ведення гірничих робіт. Достовірність результатів таких зйомок значною мірою залежить від правильності виконання камеральної обробки польових вимірювань.

Методичні рекомендації до виконання індивідуального завдання «Обробка результатів маркшейдерських зйомок у підземних виробках» розроблено для здобувачів вищої освіти, які вивчають дисципліну «Основи маркшейдерської справи». Виконання завдання спрямоване на закріплення теоретичних знань та формування практичних навичок з опрацювання результатів підземних маркшейдерських зйомок, обчислення координат пунктів знімальної мережі, визначення дирекційних кутів сторін теодолітного ходу, розрахунку приростів координат та побудови плану гірничої виробки.

У процесі виконання індивідуального завдання здобувачі оволодівають методикою камеральної обробки результатів вимірювань, вчаться застосовувати нормативно-технічну документацію під час розрахунків і графічного оформлення результатів робіт, а також набувають навичок використання сучасних програмних засобів для створення маркшейдерської документації.

Індивідуальне завдання має розрахунково-графічний характер і передбачає самостійне виконання комплексу обчислювальних та графічних робіт на підставі індивідуальних вихідних даних. У результаті його виконання здобувач повинен продемонструвати вміння виконувати основні маркшейдерські розрахунки, аналізувати отримані результати та оформлювати їх відповідно до вимог, що ставляться до маркшейдерської документації на гірничих підприємствах.

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПІДЗЕМНІ МАРКШЕЙДЕРСЬКІ ЗНІМАЛЬНІ МЕРЕЖІ

Підземні маркшейдерські знімальні мережі є основою для задавання напрямку під час проведення гірничих виробок та їх зйомки. Вони складаються з теодолітних ходів, які залежно від призначення та точності поділяються на саме теодолітні ходи і теодолітні ходи зниженої точності (кутомірні ходи) [1].

Теодолітні ходи прокладаються для зйомки виробок основних горизонтів гірничих робіт і спираються на пункти підземної маркшейдерської опорної мережі рудника [1].

Теодолітні ходи зниженої точності прокладаються по виробках підповерхових горизонтів і спираються на пункти теодолітних ходів або пункти, положення яких визначено в наслідок орієнтирно-з'єднувальної зйомки підповерхових виробок [1].

Характеристику теодолітних ходів наведено в таблиці 1.

Таблиця 1. – Характеристика теодолітних ходів знімальної мережі

Тип ходу	Середня квадратична похибка вимірювання кутів		Гранична довжина ходу, км	Допустима розбіжність між двома вимірюваннями сторони
	горизонталь-них	вертикальних		
Теодолітний	40"	60"	1,0	1:1000
Теодолітний зниженої точності (кутомірний)	10'	10'	0,3	1:200

Теодолітні ходи можуть бути замкненими, розімкненими або прокладеними двічі. У разі прокладання теодолітних ходів у виробках, по яких згодом будуть прокладені полігонометричні ходи, допускаються висячі ходи. Довжина таких ходів не повинна становити більше ніж 300 м

за умов складання планів гірничих виробок у масштабі 1:1000 і більше ніж 500 м – у масштабі 1:2000 [1].

Відставання пунктів теодолітного ходу від вибою виробки, що проходиться, не повинно перевищувати 50 м. У разі проведення виробки в напрямку небезпечної зони, вздовж неї та безпосередньо в небезпечній зоні теодолітні ходи прокладають у міру просування вибою з відставанням не більше ніж 20 м [1].

Пункти теодолітних ходів закріплюють як тимчасові пункти підземної маркшейдерської опорної мережі.

Вимоги до кутових вимірювань повинні в теодолітних ходах.

Горизонтальні кути в теодолітних ходах вимірюють теодолітами або електронними тахеометрами з паспортною середньою квадратичною похибкою вимірювання горизонтального кута не більше ніж 30" [1].

Центрування теодоліта та сигналів виконують за допомогою шнурових висків з похибкою не більше ніж 1:10000 меншої сторони кута, що вимірюється [1].

У ходах, що прокладаються у виробках з кутом нахилу менше ніж 30º, кути вимірюють одним повним повторенням або прийомом. У разі вимірювання кутів способом повторень різниця між одинарним і остаточним (середнім) значеннями кута не повинна перевищувати 1,5'. У разі вимірювання кутів способом прийомів розбіжність кутів між напівприйомами не повинна перевищувати 2' [1].

Вимірювання кутів у виробках з кутом нахилу більше ніж 30º рекомендується виконувати двома прийомами зі зміщенням початкового відліку перед другим прийомом приблизно на 180º. Розбіжність у кутах, що отримані з окремих прийомів, не повинна перевищувати 1,5' [1].

Розбіжності кутів, отриманих з напівприйомів не повинні перевищувати величин, зазначених у таблиці 2.

Таблиця 2. – Допустимі розбіжності кутів

Кут нахилу виробки, градусів	Допустимі розбіжності значень кутів з напівприйомів	
	на сполученні горизонтальних та похилих виробок	у похилій виробці
31–45	2'	3'
46–60	3'	4'
61–70	4'	5'

Кути в теодолітних ходах зниженої точності (кутомірних ходах) вимірюють теодолітами різного типу або кутомірами. Кути вимірюють за спрощеною схемою одним напівприйомом. У разі використання теодолітів допускається відліки за лімбом округляти до парного числа хвилин [1].

Помилка центрування інструмента і сигналів не повинна перевищувати ±5 мм. У разі прокладання теодолітних ходів зниженої точності по крутопохилих виробках інструмент слід центрувати з точністю 1 мм [1].

Перед кожним поповненням теодолітного ходу для контролю слід вимірювати останній кут попереднього ходу (контрольний кут); різниця між попереднім і наступним значеннями кута не повинна перевищувати в теодолітних ходах 2', а в теодолітних ходах зниженої точності – 8' [1].

Вимоги до лінійних вимірювань у теодолітних ходах.

Вимірювання ліній у теодолітних ходах виконують сталевими компарованими рулетками в прямому і зворотному напрямках. Відліки за шкалою рулетки беруть до міліметрів. Натяг мірного приладу допускається без динамометра. Розбіжність між двома вимірюваннями однієї і тієї самої сторони ходу не повинна становити більше ніж 1:1000 вимірюваної довжини [1].

Вимірювання ліній у теодолітних ходах зниженої точності виконують сталевими або тасьмовими рулетками в прямому і зворотному напрямках. Відліки за шкалою рулетки беруть до сантиметрів. Розбіжність між двома незалежними вимірюваннями не повинна перевищувати 1:200 довжини вимірюваної лінії [1].

Лінії в теодолітних і кутомірних ходах дозволяється вимірювати оптичним та іншими способами з дотриманням установленої в пункті 1 глави 2 розділу V точності вимірювань [1].

У виміряні довжини лінії вносять поправки за компарування мірних приладів та за кут нахилу ліній до горизонту в тому разі, якщо вони в сумі перевищують 1:2000 для теодолітних ходів і 1:500 – для теодолітних ходів зниженої точності [1].

Обчислення координат пунктів знімальних мереж.

Перед обчисленням координат пунктів знімальних мереж перевіряють записи та обчислення в журналах кутових і лінійних вимірювань, а також відповідність виконаних вимірювань установленим допускам. У виміряну довжину ліній теодолітних ходів у разі необхідності вносять поправки [1].

Фактичну кутову нев'язку f_β в полігонометричних ходах обчислюють як різницю між сумою виміряних кутів $\sum\beta_i$ та теоретичною сумою кутів у полігоні за наведеними формулами залежно від форми полігона і способу його прив'язки [1]:

послідовно виміряні кути між двома відомими сторонами:

$$f_\beta = \sum\beta_i - (\alpha_1 - \alpha_2),$$

де α_1 та α_2 – дирекційні кути відомих сторін;

замкнений полігон (виміряні внутрішні кути)

$$f_\beta = \sum\beta_i - 180°(n_к - 2),$$

де $n_к$ – число виміряних кутів;

розімкнений полігон (виміряні ліві за ходом кути):

$$f_\beta = 180°n_к + \sum\beta_i - (\alpha_к - \alpha_н) - 360°К,$$

де $\alpha_н$, $\alpha_к$ – дирекційні кути відповідно вихідної та кінцевої сторони; К – ціле число або нуль.

У висячому полігоні, що пройдений двічі, порівнюють суму правих і лівих кутів [1].

Кутова нев'язка в полігонометричних ходах не повинна перевищувати величин, що обчислюються за такими формулами [1]:

у замкнених полігонах і полігонах між двома вихідними сторонами

$$f_\beta = 2m_\beta\sqrt{n_к};$$

у висячих полігонах, що пройдені двічі

$$f_\beta = 2m_\beta\sqrt{n_{к_1} + n_{к_2}};$$

Допустимі лінійні нев'язки в полігонометричних ходах повинні бути не більше величин, що наведені в таблиці 3.

Таблиця 3. – Величини лінійних нев'язок у полігонометричних ходах

Тип полігонометричного ходу	Величина нев'язки
замкнені ходи	1:3000
розімкнені ходи довжиною більше ніж 500 м	1:2000
розімкнені ходи довжиною менше ніж 500 м	0,25 м
подвійні ходи	1:2000

Відносні лінійні нев'язки не повинні перевищувати [1]:

у замкнених теодолітних ходах – 1:1500;

у розімкнених і двічі прокладених теодолітних ходах – 1:1000;

у теодолітних ходах зниженої точності – 1:200.

ЗАВДАННЯ ТА ВІХІДНІ ДАНІ

Завдання. Виконати розрахунок координат точок теодолітного ходу, якщо виконані польові вимірювання (табл. 4). Координати пункта *МТ2* ходу надані за варіантами студентів в журналі групи (табл 5). За допомогою розрахованих координат точок теодолітного ходу та виміряного значення скоби побудудати план гірничої виробки. Рекомендуємий масштаб побудови 1:500.

Таблиця 4. – Результати польових вимірювань на пунктах теодолітного ходу *Конвеєрний штрек*

№	Горизонтальний кут	Виміряна довжина, м	Скоба права, м	Координати	
				X, м	У, м
МТ1			0,53	2937.434	8134.476
МТ2	178°59'15"		0,51		
		34.198			
1	179°45'30"		0,62		
		67.091			
2	180°9'45"		0,65		
		59.472			
3	180°51'7"		0,58		
		78.607			
4	179°56'37"		0,35		
		69.572			
5	181°0'45"		0,55		
		54.981			
6	180°45'15"		0,59		
		71.382			
7			0,61		

Таблиця 5. – Координати пункта *МТ2* ходу Конвеєрний штрек

№ варіанту	X, м	Y, м	№ варіанту	X, м	Y, м
1	2956.985	8229.21	8	2933.486	8231.126
2	2953.667	8229.835	9	2930.116	8230.929
3	2950.33	8230.343	10	2926.754	8230.615
4	2946.976	8230.735	11	2923.405	8230.184
5	2943.611	8231.009	12	2920.074	8229.636
6	2940.238	8231.166	13	2916.763	8228.972
7	2936.862	8231.205	14	2913.478	8228.193

Методичні рекомендації до виконання індивідуального завдання

Висячий підземний теодолітний хід є розімкнутим ходом, що спирається на одну вихідну сторону з відомими координатами її кінцевих пунктів. Такі ходи широко застосовуються під час проведення та зйомки підготовчих, нарізних і розвідувальних виробок.

Особливістю висячого ходу є відсутність кінцевого контролю за координатами останньої точки, оскільки його кінець не прив'язаний до пункту з відомими координатами. Тому основними джерелами похибок є похибки вимірювання горизонтальних кутів та довжин сторін.

Вихідними даними для розрахунку є:

– координати вихідних пунктів ***MT1*** і ***MT2***;

– виміряні ліві по ходу горизонтальні кути;

– горизонтальні прокладення сторін ходу.

1. Визначення дирекційного кута вихідної сторони

За відомими координатами пунктів *MT1* і *MT2* обчислюють прирости координат:

$$\Delta X_{\mathrm{MT1-\,MT2}} = X_{\mathrm{MT2}} - X_{\mathrm{MT1}}$$

$$\Delta Y_{\mathrm{MT1-\,MT2}} = Y_{\mathrm{MT2}} - Y_{\mathrm{MT1}}$$

Дирекційний кут вихідної сторони:

$$\alpha_{\mathrm{MT1-\,MT2}} = \arctan\frac{\Delta Y_{\mathrm{MT1-\,MT2}}}{\Delta X_{\mathrm{MT1-\,MT2}}}$$

При визначенні значення дирекційного кута необхідно враховувати чверть координатної системи.

2. Обчислення дирекційних кутів сторін ходу

У підземному ході виміряні ліві горизонтальні кути β.

Дирекційний кут кожної наступної сторони визначають за формулою

$$\alpha_{i+1} = \alpha_i + 180^\circ - \beta_i$$

де: α_i– дирекційний кут попередньої сторони;

β_i– лівий по ходу горизонтальний кут.

Якщо отриманий результат більший за 360°:

$$\alpha_{i+1} = \alpha_{i+1} - 360^\circ$$

Якщо результат від'ємний:

$$\alpha_{i+1} = \alpha_{i+1} + 360^\circ$$

Обчислення виконують послідовно для всіх сторін ходу.

3. Обчислення приростів координат

Для кожної сторони ходу визначають прирости координат:

$$\Delta X_i = S_i \cos \alpha_i$$

$$\Delta Y_i = S_i \sin \alpha_i$$

де: S_i– горизонтальне прокладення сторони;

α_i– дирекційний кут сторони.

Знаки приростів координат визначаються автоматично відповідно до значень тригонометричних функцій у відповідних чвертях.

4. Контроль обчислення приростів координат

Для кожної сторони рекомендується виконати проміжний контроль:

$$S_i = \sqrt{\Delta X_i^2 + \Delta Y_i^2}$$

Розбіжність між обчисленою довжиною та заданим горизонтальним прокладенням повинна знаходитись у межах точності округлення.

5. Обчислення координат точок ходу

Координати першої точки визначають від пункту $\mathrm{MT2}$:

$$X_1 = X_{\mathrm{MT2}} + \Delta X_1$$

$$Y_1 = Y_{\mathrm{MT2}} + \Delta Y_1$$

Координати наступних точок:

$$X_i = X_{i-1} + \Delta X_i$$

$$Y_i = Y_{i-1} + \Delta Y_i$$

Розрахунки виконуються послідовно до останньої точки ходу.

6. Графічний контроль

Після завершення обчислень необхідно побудувати план теодолітного ходу у заданому масштабі.

Під час побудови контролюють:

- правильність конфігурації ходу;
- відповідність напрямків сторін обчисленим дирекційним кутам;
- наявність грубих похибок у знаках приростів координат;
- логічність розташування кінцевої точки ходу.

Результати розрахунків зручно виконувати в таблиці (табл. 6).

Таблиця 6. – Зразок відомості обчислення координат висячого підземного теодолітного ходу

Відомість обчислення координат точок розімкнутого теодолітного ходу. Обчислив (ла):

№ точки	Горизонтальні кути ліві				Дирекційний кут α		Горизонтальна проєкція d, м	Приріст координат, м								Координати, м		№ точки
	Виміряні		Виправлені					Обчислені				Виправлені						
	°	′	°	′	°	′		+ -	Δ X	+ -	Δ Y	+ -	Δ X	+ -	Δ Y	$X=X_{i-1}+\Delta X_в$	$Y=Y_{i-1}+\Delta Y_в$	
МТ1																		МТ1
МТ2																		МТ2
1																		1
2																		2
3																		3
4																		4
……																		

Примітка: Стовпчики «виправлені» горизонтальні кути та «виправлені» прирости координат у випадку висячого теодолітного ходу

розраховувати не потрібно, оскільки зрівнювання не виконується.

Порядок виконання розрахунків

1. Виписати координати вихідних пунктів МТ1 – МТ2.
2. Обчислити дирекційний кут вихідної сторони МТ1 – МТ2.
3. За виміряними лівими кутами визначити дирекційні кути всіх сторін ходу.
4. Обчислити прирости координат кожної сторони.
5. Визначити координати всіх точок ходу.
6. Заповнити відомість обчислення координат.
7. Виконати графічну побудову ходу на плані.
8. Оформити висновки щодо результатів розрахунків.

Примітка. Оскільки хід є висячим, кутова та координатна нев'язки не визначаються, а врівноваження результатів не виконується. Контроль правильності розрахунків здійснюється аналітичним та графічним способами. Для навчальних цілей рекомендується виконувати всі обчислення з точністю: дирекційні кути до 1′, прирости координат до 0,01 м, координати пунктів до 0,01 м.

ЛІТЕРАТУРА

1. НПАОН 74.2-1.07-21. Правила виконання маркшейдерських робіт під час розробки родовищ рудних та нерудних корисних копалин. [Чинний від 2021-03-31]. Вид. офіц. Київ : 260, 2021. 260 с.

2. НПАОН 74.2-5.02-00. Маркшейдерські роботи на вугільних шахтах та розрізах. Інструкція (КД 12.06.203-2000). [Чинний від 2001-07-01]. Вид. офіц. Донецьк : ТОВ “АЛАН”, 2001. 264 с.

3. Проєктування та аналіз точності маркшейдерських зйомок : навчальний посібник / В. О. Назаренко, Г. В. Бруй ; ТОВ «Технічний університет «Метінвест Політехніка». Одеса : Олді+, 2026. 158 с.

4. Маркшейдерська справа : підручник / Г. О. Антипенко та ін. ; за ред. Г. О. Антипенка. Дніпро : НГУ, 2011. 152 с.

5. Третенков В. М. Основи маркшейдерської справи при будівництві підземних гірничих виробок і транспортних тунелів : навчальний посібник. Одеса : ОДАБА, 2020.

ДОДАТОК А.

ПРИКЛАД ТИТУЛЬНОГО ЛИСТА
ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»
Кафедра ГС

Індивідуальне завдання №1

з навчальної дисципліни

«**ОСНОВИ МАРКШЕЙДЕРСЬКОЇ СПРАВИ**»

Варіант №_

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

Керівник:
к.т.н., доцент
Г.В. Бруй

Запоріжжя, 20ХХ

Навчально-методичне видання

Назаренко Валентин Олексійович

Бруй Ганна Валеріївна

ОСНОВИ МАРКШЕЙДЕРСЬКОЇ СПРАВИ:

методичні рекомендації
до виконання індивідуального завдання
«Обробка результатів маркшейдерських зйомок у підземних виробках»

Самостійне електронне мережеве видання

Публікується в авторській редакції