ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»

ГЕОДЕЗІЯ:

методичні рекомендації до виконання індивідуального завдання «Математичне опрацювання теодолітного ходу»

Запоріжжя 2026

metinvest polytechnic

УДК 528.3(072)
Г35

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.

Г35 **Геодезія** : методичні рекомендації до виконання індивідуального завдання «Математичне опрацювання теодолітного ходу» / 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 «Математичне опрацювання теодолітного ходу» при вивченні студентами дисципліни «Геодезія». Матеріал навчального посібника має на меті підвищити якість виконання роботи, ознайомити студентів з основними проблемами під час прокладання та обробки результатів теодолітної зйомки, та дозволяє їм набути навички математичного опрацювання результатів зйомки.

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

УДК 528.3(072)

© ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», 2026

ЗМІСТ

ВСТУП 4
1. Загальні відомості щодо теодолітної зйомки 5
2. Обчислення координат точок замкнутого теодолітного ходу 7
3. Нанесення на координатну сітку точок теодолітного ходу за їхніми координатами 14
ЛІТЕРАТУРА 15
Додаток А. 16
Приклад титульного листа 16

ВСТУП

В рамках освоєння курсу "Геодезія" студенти отримують практичні компетенції розв'язання прикладних завдань, пов’язаних з виконанням геодезичних робіт. Саме отримання цих компетенцій дозволить у майбутньому фахівцю з гірництва орієнтуватися по картах і планах, а також читати креслення, виконувати теодолітну та нівелірну зйомки з подальшим їх математичним опрацюванням та винесенням результатів на плани та іншу графічну документацію.

В рамках отримання цих компетенцій студенту пропонується виконати індивідуальне завдання на тему " Математичне опрацювання теодолітного ходу ". Представлені методичні рекомендації містять теоретичні відомості з цього розділу, індивідуальне завдання, методичні рекомендації щодо аналітичних розрахунків та графічних побудов, приклад виконання індивідуального завдання та зразок титульного аркушу.

При вивченні навчального матеріалу особливу увагу слід привертати до визначень понять курсу. Обов'язково слід ознайомитися з лекційним матеріалом, що передує виконанню індивідуального завдання. Після виконання завдання студент має отримати результати математичного опрацювання прокладеного теодолітного ходу.

1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ЩОДО ТЕОДОЛІТНОЇ ЗЙОМКИ

При складані нових та коригуванні існуючих конкретних планів часто проводять теодолітну зйомку. При цьому, крім теодоліта використовують мірну стрічку або світловіддалеміри чи рулетку. Ними проводять польові вимірювання [4].

Теодолітна зйомка проводиться у такій послідовності [4]:

- підготовчі роботи (камеральні і польові);
- польові вимірювання;
- обробка даних польових вимірювань;
- складання плану польових вимірювань.

Камеральні та польові підготовчі роботи

При камеральній підготовці вивчають район проведення робіт, наявність планово - картографічних матеріалів та пунктів державної геодезичної мережі і можливість їх використання при проведенні теодолітної зйомки. Одержують необхідні геодезичні інструменти та прилади і переконуються в їх придатності для виконання польових робіт [4].

Польові підготовчі роботи починаються з огляду ділянки на якій буде проводитись теодолітна зйомка. Вивчаються її межі, геодезичні знаки по зовнішніх контурах ділянки. При проведенні зйомки в нових межах вибирають місця для поворотних точок. Вибирають їх так, щоб було видно попередні і послідуючі точки зовнішньої межі господарства і щоб було зручно вести зйомку ситуації і вимірювання ліній. Віддаль між точками по зовнішній межі ділянки не повинна перевищувати 400м [4].

Підготовчі роботи дають можливість скласти план проведення теодолітної зйомки. У відповідності з цим планом проводиться закріплення точок зйомочного обґрунтування, готуються лінії для вимірювання та

розробляються шляхи прив'язування точок зовнішньої межі до пунктів державної геодезичної мережі [4].

Польові вимірювальні роботи

Після створення зйомочного обґрунтування розпочинаються вимірювання горизонтальних кутів, кутів нахилу ліній до горизонту, довжини сторін, кути для орієнтування плану. Якщо при зйомці ситуації застосовують спосіб перпендикулярів то в характерних точках будуються прямі кути [4].

Вимірювання горизонтальних і вертикальних кутів та віддалей між точками за допомогою нитяного далекоміру виконуються теодолітом. Вони бувають високоточні (Т – 0,5, Т -1 та інші), точні (Т-2, Т - 5 та інші) і технічні (Т-15, Т-30 та інші) [4].

При проведенні зйомки земель чи коригуванні існуючих планів найчастіше використовують теодоліт Т – 30 або тахеометр [4] .

2. ОБЧИСЛЕННЯ КООРДИНАТ ТОЧОК ЗАМКНУТОГО ТЕОДОЛІТНОГО ХОДУ

Вихідні дані: Виміряні значення теодолітного ходу наведені в табл. 1. Значення дирекційних кутів вихідної сторони 42-43 і координат точки 43 студент вибирає за номером у списку групи (табл. 2).

Таблиця 1 – Виміряні величини

№ точки	Виміряні горизонтальні кути βвим		Горизонтальне прокладання d, м
	°	′	
42			
43	232	16	
			119,19
1	121	31	
			144,04
2	107	28	
			129,04
3	103	08	
			148,95
4	109	39	
			151,73
43	98	16	
1			

Таблиця 2 – Значення дирекційних кутів вихідної сторони 42-43 і координати точки 43

№ варіанту	Дирекційний кут сторони $\alpha_{42\text{-}43}$		Координати точки 43	
			X, м	Y, м
	°	′		
1	219	51	8716,33	6578,10
2	225	57	8706,81	6600,64
3	157	04	8662.91	6425,85
4	162	12	8694,64	6358,84
5	172	53	8710,35	6405,56
6	176	26	8762,21	6594,34

7	182	41	8716,86	6525,87
8	184	32	8738,51	6491,24
9	187	28	8764,36	6528,39
10	189	15	8687,64	6482,81
11	190	47	8765,84	6584,24
12	191	51	8762,84	6592,75
13	194	03	8652,84	6602,80
14	196	57	8765,45	6385,45
15	199	46	8731,62	6485,24

Методичні рекомендації до виконання індивідуального завдання

Обчислення координат точок замкнутого теодолітного ходу виконуються у відомості обчислення координат (Окремим файлом завантажена в Moodle). Перед обчисленням необхідно скласти зі зміненим розміром схему з урахуванням вихідних і виміряних величин значення, яких виписують на схему (рис. 1).

У відповідності зі схемою теодолітного ходу (рис. 1), виписують в відомість обчислення координат (приклад у табл. 3) [4]:

- номери точок теодолітного ходу (графа 1 та 12);
- прилеглий кут $\beta_{43пр.}$ і виміряні горизонтальні кути β_i (графа 2);
- вихідний дирекційний кут α_{42-43} червоним кольором (графа 4);
- горизонтальні прокладання сторін теодолітного ходу d_i (графа 5);
- координати вихідної точки X_{43} і Y_{43} червоним кольором (графа 10 і 11).

Зразок заповнення відомості наведений у табл. 3.

Таблиця 3 – Приклад заповнення відомості теодолітного ходу

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

№ точки	Горизонтальні кути βправі Виміряні °	′	Виправлені °	′	Дирекційний кут α °	′	Горизонтальна проєкція d, м	Приріст координат, м Обчислені + -	Δ X	+ -	Δ Y	Виправлені + -	Δ X	+ -	Δ Y	Координати, м X=X_{i-1}+Δ $X_в$	Y= Y_{i-1}+Δ $Y_в$	№ точки
42																		42
					324	48												
43	228*	14*	228*	14*												8368,74	6688,86	43
					276	34	151,58	+	-0,01 17,33	-	-0,01 150,59	+	17,32	-	150,60			
1	115	08	115	08												8386,06	6538,26	1
					341	26	120,20	+	-0,01 113,93	-	38,31	+	113,92	-	38,31			
2	112	35	112	35												8499,98	6499,95	2
					48	51	164,24	+	-0,01 108,11	+	-0,01 123,64	+	108,10	+	123,63			
3	125	43	125	43												8608,08	6623,58	3
					103	08	170,36	-	-0,02 38,66	+	-0,01 165,92	-	38,68	+	165,91			
4	76	+01 28	76	29												8569,40	6789,49	4
					206	39	224,46	-	-0,02 200,64	-	-0,01 100,62	-	200,66	-	100,63			
43	110	+01 04	110	05												8368,74	6688,86	43
					276	34			ΣΔ X=+0,07 ΣΔ $X_т$=0		ΣΔ Y= 0,04 ΣΔ $Y_т$= 0					Контроль		
1					Контр													
						P=	830,84		fx= +0,07		fy= 0,04							
∑βвим= 539° 58′								fабс. = √0,07² + 0,04² = 0,08 fвідн=1/(P: fабс)=1/10386										
∑βтер.= 540° 00′								fвідн.доп.=1/2000										
$f_β$= - 0° 02'																		
$f_{βдоп.}$=1′√5 =±2,2′								fвідн. ≤ fвідн.доп. 1/10386<1/2000										
*прилеглий кут																		

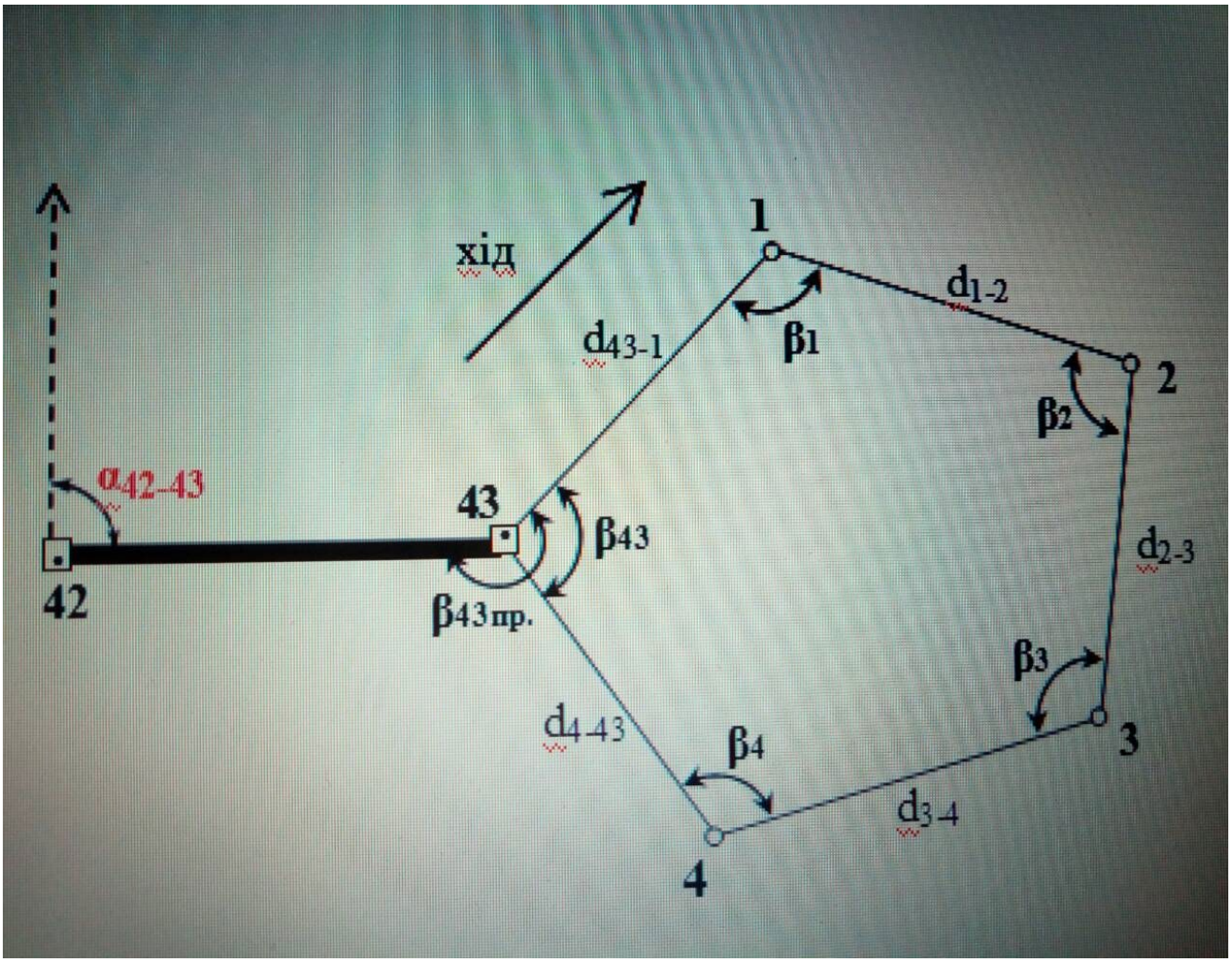

Рис. 1. Схема замкнутого теодолітного ходу

Обчислення координат теодолітного ходу виконується в два етапи [4]:

1. Перевірка якості кутових вимірів і ув'язка кутів;

2. Перевірка якості лінійних вимірювань і ув'язка збільшень координат.

Для перевірки якості кутових вимірів і ув'язки кутів виконують такі дії [4]:

- обчислюють суму виміряних кутів $\Sigma\beta_{вим.}$ (Без урахування примичного кута) записують в графу 2 нижче останнього заповненого рядка;

- обчислюють теоретичну суму кутів для замкнутого теодолітного ходу за формулою: $\Sigma\beta_{теор.} = 180^{o} \cdot (n-2)$, де n- кількість кутів замкнутого полігону;

- обчислюють кутову нев'язку $f_{\beta} = \Sigma\beta_{вим.} - \Sigma\beta_{теор.}$, вона не повинна перевищувати допустиму нев'язку обчислену за формулою $f_{\beta доп.} = \pm 1'\sqrt{n}$;

- всі вище зазначені величини записують у відомості обчислення координат (приклад у табл. 3), щоб показати що кутові виміри виконані правильно і задовольняють допускам. Якщо $f_{\beta} > f_{\beta доп.}$, тоді необхідно перемірять горизонтальні кути;

- розподіляють кутову нев'язки з протилежним знаком на всі кути порівну (крім примичного) округляючи їх з таким розрахунком, щоб сума поправок дорівнювала кутовій нев'язці (f_{β}) з протилежним знаком. Поправки записують червоним кольором над вимірюваними кутами (табл. 4., зразок);

– з урахуванням поправок (алгебраїчною сумою) обчислюють виправлені кути;

- обчислюють дирекційні кути за виправленими кутами і записують в графу 4. Дирекційний кут наступної сторони α_i дорівнює дирекційному куту попередньої α_{i-1} сторони плюс або мінус 180° і плюс лівий, по ходу виправлений кут або мінус правий по ходу виправлений кут. В нашому випадку (рис. 1) праві по ходу кути :

$$\alpha_i = \alpha_{i-1} + 180° - \beta_{i(праві\ за\ ходом\ кути)}.$$

Контролем ув'язки кутів є отримане в кінці ходу значення дирекційного кута сторони 43-1 яке дорівнює початковому [4].

2. Для перевірки якості лінійних вимірювань і ув'язки приростів координат виконують такі дії [4]:

- обчислюють приріст координат (пряма геодезична задача) і записую в графу 6 обов'язково вказуючи знак (+) або (-):

$$\Delta x_i = d_i \cdot \cos \alpha_i ; \quad \Delta y_i = d_i \cdot \sin \alpha_i ;$$

- обчислюють нев'язку в приростах координат для замкнутого ходу:

$$f_x = \sum \Delta x; \qquad f_y = \sum \Delta y;$$

- обчислюють лінійну невязку:

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

- обчислюють периметр P = Σd (сума горизонтальних прокладань);

- обчислюють відносну невязку $f_{відн.} = f_d / P$, відносна нев'язка записується у вигляді дробу, де в чисельнику 1 а в знаменнику P / f_d - округлене до цілого значення. Відносна нев'язка не повинна перевищувати допустиму відносну невязку (для теодолітного ходу f відн.доп. = 1/2000), тобто $f \leq 1/2000$. Всі обчислення записують у відомості щоб показати правильність виконання лінійних вимірювань (довжин сторін теодолітного ходу). Якщо ж $f_{відн.} > 1/2000$, тоді необхідно переміряти довжини сторін;

- нев'язки в прирости координат розподіляємо пропорційно довжині сторін з протилежним знаком: $\delta_{xi} = - f_x \cdot d_i / P$; $\delta_{yi} = - f_y \cdot d_i / P$. Поправки δ_{xi} і δ_{yi} округляють с таким розрахунком, щоб їх сума дорівнювала нев'язкам з протилежним знаком: $\sum \delta_{xi} = - f_x$; $\sum \delta_{yi} = - f_y$ і записують червоним кольором над приростами координат. З урахуванням поправок (алгебраїчна сума) обчислюють виправлені прирости координат.

$$\sum \Delta X^{випр.} = 0; \quad \sum \Delta Y^{випр.} = 0;$$

За виправленими приростами координат обчислюють координати точок: подальша координата X_i і Y_i дорівнює попередній X_{i-1} і Y_{i-1} плюс виправлений приріст координат зі своїм знаком [4]:

$$X_i = X_{i-1} + \Delta X^{випр.}; \qquad Y_i = Y_{i-1} + \Delta Y^{випр.}.$$

Контролем обчислень є отримані в кінці ходу координати вихідної точки 43 (рис. 1).

3. НАНЕСЕННЯ НА КООРДИНАТНУ СІТКУ ТОЧОК ТЕОДОЛІТНОГО ХОДУ ЗА ЇХНІМИ КООРДИНАТАМИ

На листі формату А4 будуємо вісь X і вісь Y. Вісь X орієнтується в геодезії на північ, а вісь Y на схід. Масштаб побудови 1:2000. Початок відліку X і У візьміть оберіть з тим розрахунком, щоб у вас всі точки теодолітного ходу помістилися на листі [4].

Наприклад.

В табл. 4 знаходимо мінімальне значення X і Y точок теодолітного ходу: X_{43}=8368,74м; Y_1=6538,26м. Тоді за початок X можна прийняти 8300, а за початок Y – 6400. Згідно масштабу в 1 сантиметрі 20 метрів. На осі X і Y від точки перетину осей (X=8300, Y=6400) через 1 сантиметр ставимо мітки. Біля кожної на осях X і Y ставимо відповідне значення: для X (8400, 8500, 8600), а для Y (6500, 6600, 6700) [4].

Далі за побудованими осями відкладають X і Y всіх точок теодолітного ходу. На рис. 2 відкладена точка 2 (X_2=8499,98 м; Y_2=6499,95 м).

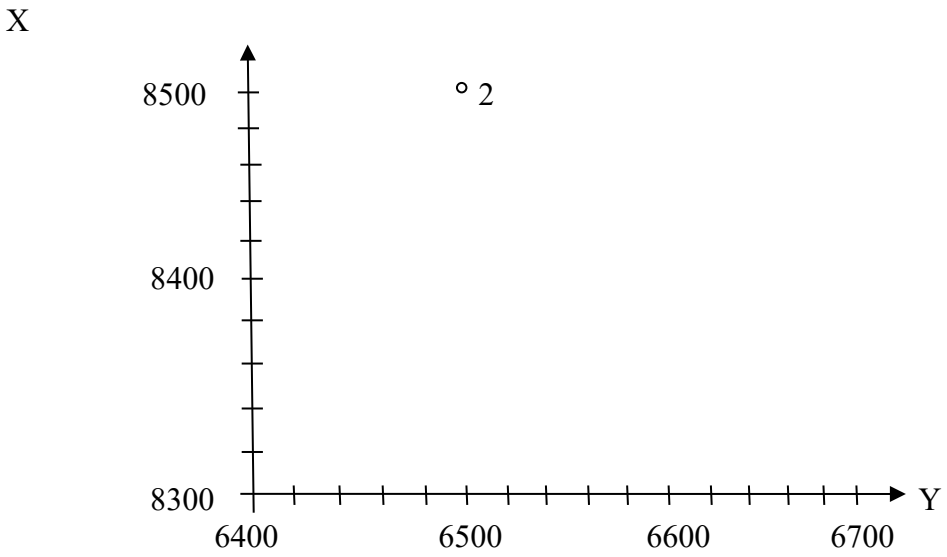

Рис. 2. Нанесення точки теодолітного ходу на координатну сітку

ЛІТЕРАТУРА

1. Новаковська І. О., Жолкевський П. Ф., Іщенко Н. Ф. ГЕОДЕЗІЯ : навчальний посібник. Київ : НАУ, 2021. 232 с.
2. Геодезія та землеустрій : монографія / Р.І. Розум та ін.; за заг. ред. Р.І. Розума. Тернопіль : ТНЕУ, 2020. 247 с.
3. Дмитрів О. П. Геодезія. Частина І : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2019. 166 с.
4. Тельнов В.Г. Геодезія : навчальний посібник. Дніпро : НТУ, 2019. 317 с.
5. Калинич І. В., Гриник Г. Г., Ничвид М. Р. Геодезія : навчальний посібник. Ужгород : ДВНЗ «УжНУ», 2020. 248 с.

ДОДАТОК А.

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

Індивідуальне завдання №2

з навчальної дисципліни

«**ГЕОДЕЗІЯ**»

Варіант №_

Здобувача групи 184-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

ГЕОДЕЗІЯ:
методичні рекомендації до виконання індивідуального завдання «Математичне опрацювання теодолітного ходу»

Самостійне електронне мережеве видання

Публікується в авторській редакції