

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Навчально-науковий інститут інноватики, природокористування та
інфраструктури
Кафедра економічної експертизи та землевпорядкування

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
щодо написання
КУРСОВОЇ РОБОТИ ЗІ СПЕЦІАЛЬНОСТІ
для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня
за освітньо-професійною програмою
«Експертна оцінка землі та нерухомого майна»
спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій»
денної та заочної форм навчання

Тернопіль, ЗУНУ – 2025

Методичні рекомендації щодо написання курсової роботи зі спеціальності для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Експертна оцінка землі та нерухомого майна» спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій» денної та заочної форм навчання / Укл. Михайло Гуменний // Тернопіль: ЗУНУ, 2025. 28 с.

Укладач:

Гуменний Михайло Іванович – кандидат економічних наук, старший викладач кафедри економічної експертизи та землевпорядкування ЗУНУ.

Рецензенти:

Підгородецький Вадим Володимирович – директор ТзОВ «Зеніт Експерт».

Попович Павло Васильович – д-р. техн. наук, професор, завідувач кафедри транспорту і логістики ЗУНУ.

Відповідальний за випуск:

Язлюк Борис Олегович – д-р. екон. наук, професор, завідувач кафедри економічної експертизи та землевпорядкування ЗУНУ.

Рекомендовано на засіданні кафедри економічної експертизи та землевпорядкування ЗУНУ, протокол № 1 від 25 серпня 2025 р.

ВСТУП

Геодезія, як наука, займається розробленням, дослідженням і застосуванням методів і способів вимірювання поверхні землі, обробленням результатів цих вимірювань і зображенням їх на папері у вигляді карт, планів та інших рисунків поверхні для вирішення завдань народного господарства і оборони країни.

Курсова робота зі спеціальності є узагальненим етапом вивчення фахових дисциплін. На цьому етапі студент самостійно під керівництвом викладача (керівника роботи) складає проєкт планово-висотної основи комбінованого методу знімання в масштабі 1:5000.

2. МЕТА І ЗАВДАННЯ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

2.1. Мета вивчення дисципліни.

Метою курсової роботи є систематизація, узагальнення, закріплення та розширення теоретичних знань, їхнє ефективне застосування для виконання науково-прикладного завдання шляхом поглибленого опанування обраної теми та методів дослідження, демонстрації вмінь логічного послідовного викладу дослідницького матеріалу, а також навичок практичного застосування теоретичних знань для виконання комплексних топографо-геодезичних завдань.

2.2. Завдання вивчення дисципліни: полягає у засвоєнні теоретичних та практичних знань з геодезії, набутті навиків проєктуванні планово-висотної основи комбінованого методу знімання в масштабі 1:5 000.

2.3. Найменування та опис компетентностей, формування котрих забезпечує вивчення дисципліни:

- ЗК 03. Здатність планувати та управляти часом.
- ЗК 04. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.
- ЗК 07. Здатність працювати автономно.
- ЗК 09. Здатність до міжособистісної взаємодії.
- ЗК 13. Здатність зберігати, примножувати моральні, культурні, наукові цінності і досягнення суспільства на основі розуміння історії, закономірностей розвитку предметної області, її місця в загальній системі знань про природу й суспільство, а також в розвитку суспільства, техніки і технологій, використовувати різні види та форми рухової активності для відпочинку та ведення здорового способу життя.
- СК 03. Здатність застосовувати нормативно-правові акти, нормативно-технічні документи, довідкові матеріали у професійній діяльності.
- СК 05. Здатність застосовувати сучасне інформаційне, технічне і технологічне забезпечення для вирішення складних питань оцінки нерухомості, геодезії та землеустрою.

2.4. Передумови для вивчення дисципліни.

Геодезія.

2.5. Результати навчання:

- РН 3. Доносити до фахівців і нефахівців інформацію, ідеї, проблеми, рішення, власний досвід та аргументацію.
- РН 4. Знати та застосовувати у професійній діяльності нормативно-правові акти, нормативно-технічні документи, довідкові матеріали в сфері геодезії, землеустрою, оцінки нерухомості і суміжних галузей.
- РН 5. Застосовувати концептуальні знання природничих і соціально-економічних наук при виконанні завдань.
- РН 6. Знати історію та особливості розвитку геодезії та землеустрою, оцінки нерухомості їх місце в загальній системі знань про природу і суспільство.

– РН 9. Збирати, оцінювати, інтерпретувати та використовувати геопросторові дані, метадані щодо об'єктів природного і техногенного походження, застосовувати статистичні методи їхнього аналізу для розв'язання спеціалізованих задач у сфері оціночної діяльності.

– РН 15. Розробляти і приймати ефективні рішення щодо професійної діяльності у тому числі за умов невизначеності.

2.6. Опис дисципліни “Курсова робота зі спеціальності”

Дисципліна “Курсова робота зі спеціальності”	Галузь знань, спеціальність, Ступінь вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни
Кількість кредитів ECTS – 3	Галузь знань 19 “Архітектура та будівництво”	Нормативна дисципліна Мова навчання українська
Загальна кількість годин – 90	Спеціальність 193 “Теодезія та землеустрій” Освітньо-професійна програма: “Експертна оцінка землі та нерухомого майна”	Рік підготовки: Денна – 3 Заочна - 3 Семестр: Денна – 5 Заочна – 5
Тижневих годин – 6	Ступінь вищої освіти – бакалавр	Вид підсумкового контролю – залік

2.7. Політика оцінювання

Курсова робота складається з пояснювальної записки (звіту) та графічних матеріалів. Роботи переписані з літературних джерел, нормативних документів, неопрацьовані і неоформлені належним чином, виконані шляхом запозичення ідей інших авторів без посилання на використані джерела, до захисту не допускаються.

Види оцінювання	% від остаточної оцінки
Підготовка тексту роботи	50
Захист роботи	50

Шкала оцінювання студентів:

За шкалою Університету	За національною шкалою	За шкалою ECTS
90-100	відмінно	A (відмінно)
85-89	добре	B (дуже добре)
75-84		C (добре)
65-74	задовільно	D (задовільно)
60-64		E (достатньо)
35-59	незадовільно	FX (незадовільно з можливістю повторного складання)
1-34		F (незадовільно з обов'язковим повторним курсом)

2. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

2.1. Обчислення геодезичних та плоских прямокутних координат вершин рамки заданої трапеції

Основою номенклатурного ряду карт різних масштабів є карта масштабу 1:1000000. На кожному аркуші карти цього масштабу земна поверхня зображена у вигляді трапеції, сторонами якої є меридіани і паралелі. Номенклатура аркушів цієї карти складається з великої літери латинського алфавіту **A, B, C, D, E, F,...Z**, що відповідають 4-градусним широтним смугам – поясам, які відлічують від площини екватора до полюсів і арабської цифри **1, 2, 3,...60**, що означає номер 6-градусної колони, і відлічується із заходу на схід (проти годинникової стрілки) від меридіана з довготою 180°. Для прикладу, номенклатура аркуша карти масштабу 1:1000 000, де розташована столиця нашої держави м. Київ, є М-36.

Вихідними графічними матеріалами для виконання курсової роботи є карта масштабу 1:25000 з відповідною номенклатурою, на якій необхідно запроєктувати планово-висотну геодезичну основу на площі однієї знімальної трапеції масштабу **1:10 000** із вихідною номенклатурою.

2.2.1. Обчислення геодезичних та плоских зональних прямокутних координат вершин рамки трапеції масштабу 1:10 000.

Розрахуємо геодезичні координати вершин рамки трапеції аркуша з номенклатурою М-35-2-А-а-1.

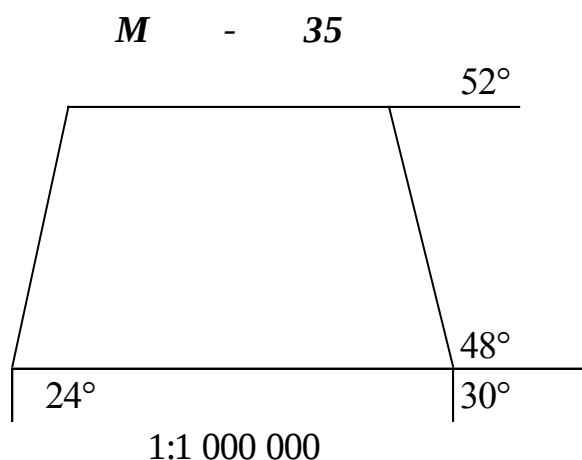


Рис. 1. Аркуш масштабу 1:1000000 з номенклатурою М-35

М -35												52° 00'
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	51° 40'
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	51° 20'
25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	
49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	
73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	
85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	
97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	
109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	
121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	
133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	48° 00'
24° 00'	24° 30'	25° 00'										30° 00'

Рис. 2. Аркуш масштабу 1:1000000 з номенклатурою М-35 розділений на 144 частини

				М	-35	-2					
										52° 0'	
			А	Б							51° 50'
			В	Г							51° 40'
24° 30'		24° 45'		25° 0'							
1:100 000											

Рис. 3. Аркуш масштабу 1:100000 з номенклатурою М-35-2 розділений на 4 частини

M				-35	-2-	A	
							52° 0'
a			б			51° 55'	
B			Г			51° 50'	
24° 30'		24° 38'		24° 45'			

Рис. 4. Аркуш масштабу 1:50000 з номенклатурою М-35-2-А розділений на 4 частини

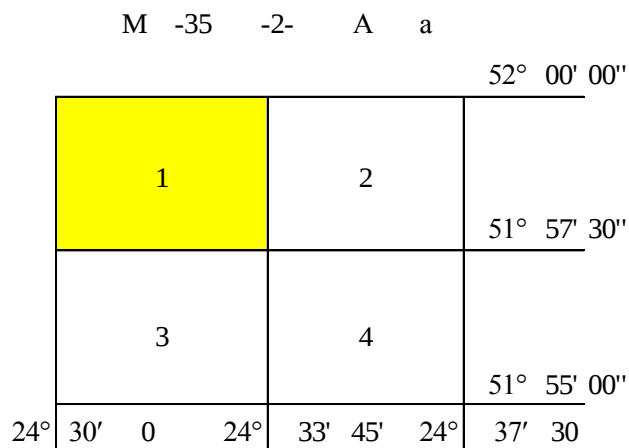


Рис. 5. Аркуш масштабу 1:25000 з номенклатурою М-35-2-А-а розділений на 4 частини

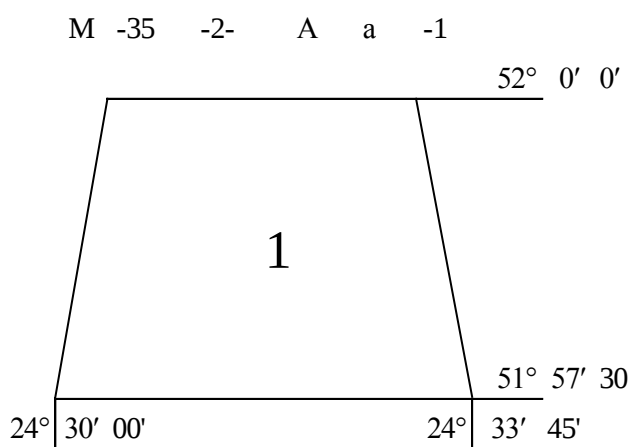


Рис. 6. Аркуш масштабу 1:10000 з номенклатурою М-35-2-А-а-1

2.2.2 Обчислення прямокутних координат вершин рамки трапеції масштабу 1:10 000 та її розмірів

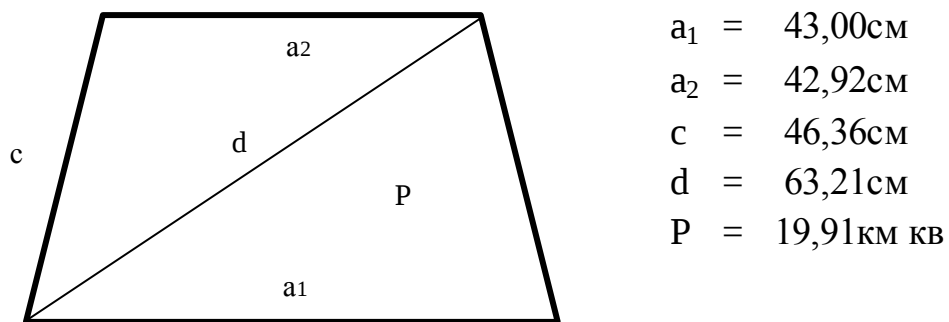
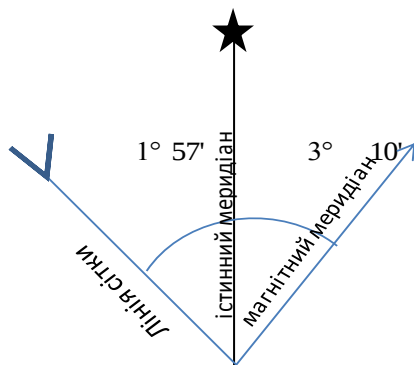


Рис. 7. Розміри рамки трапеції масштабу 1:10000

Обчислення прямокутних координат вершин рамки трапеції масштабу
1:10 000 номенклатури М -35 -2- А а -1

Таблиця 1

В	L L0 l	24° 30' 00' 27° 00' 00" - 2° 30' 00"	24° 33' 45'	24° 37' 30' 27° 00' 00" - 2° 22' 30"	Різниці координат	
	значення координата	значення координат	значення координат	значення координат		
	52° 00' 00"	5766397,149м	-1,90 5766253,194	5766109,238м	-287,9	-143,95519
	51° 57' 30"	5761762,023	-1,90 5761618,016	5761474,009	-288,0	-144,00693
	51° 55' 00"	5757126,896м	-1,90 5756982,838	5756838,779м	-288,1	-144,05867
	XI-XIV 1/2(XI-XIV)	9270,252 4635,126	XII-XIII 1/2(XII-XIII)	9270,459 4635,230	XII-XI XIII-XIV	1/2(XII-XI) 1/2(XIII-XIV)
Значення ординат						
	52° 00' 00"	-171684,752м	-167393,2429	-163101,733м	8583,0	4291,50939
	51° 57' 30"	-171844,1348	-167548,6378	-163253,1408	8591,0	4295,49697
	51° 55' 00"	-172003,517м	-167704,0327	-163404,548м	8599,0	4299,48454
	Y-YIV 1/2(YI-YIV)	318,765 159,383	YII-YIII 1/2(YII-YIII)	302,815 151,407	YII-YI YIII-YIV	1/2(YII-YI) 1/2(YIII-YIV)
Остаточні значення абсцис						
	52° 00' 00"	5 766 397,15	5 766 251,29	5 766 109,24		
	51° 57' 30"	5 761 762,02	5 761 616,12	5 761 474,01		
	51° 55' 00"	5 757 126,90	5 756 980,94	5 756 838,78		
Остаточні значення ординат						
	52° 00' 00"	5 328 315,25	5 332 606,76	5 336 898,27		
	51° 57' 30"	5 328 155,87	5 332 451,36	5 336 746,86		
	51° 55' 00"	5 327 996,48	5 332 295,97	5 336 595,45		
Зближення меридіанів						
	52° 00' 00"	- 1° 58' 14"	- 1° 55' 16"	- 1° 52' 19"		
	51° 57' 30"	- 1° 58' 10"	- 1° 55' 12"	- 1° 52' 15"		
	51° 55' 00"	- 1° 58' 06"	- 1° 55' 09"	- 1° 52' 11"		



для аркуша карти масштабу 1:10 000 із
номенклатурою М-35-2-А-а-1
середнє зближення меридіанів буде
 $\gamma_{сер} = 1^{\circ} 57'$, а схилення магнітної

стрілки $\delta = 3^{\circ} 10'$. Отже, схема-графік
зближення меридіанів і схилення магнітної
стрілки для цієї трапеції буде мати вигляд.

рис.8 Схема-графік
зближення меридіанів та
схилення магнітної стрілки

2.2.3 Обчислення геодезичних та плоских зональних прямокутних координат вершин рамки трапеції масштабу 1:5 000 та її розмірів

М -35- 2

																52° 0'
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	51° 58' 45"
17	18														32	51° 57' 30"
33															48	51° 56' 15"
49															64	51° 55' 00"
65															80	51° 53' 45"
81															96	51° 52' 30"
97															112	51° 51' 15"
113															128	51° 50' 00"
129															144	51° 48' 45"
145															160	51° 47' 30"
161															176	51° 46' 15"
177															192	51° 45' 00"
193															208	51° 43' 45"
209															224	51° 42' 30"
225															239 240	51° 41' 15"
241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	51° 40'
24° 30'	24° 31' 52,5"	24° 33' 45,0"	24° 35' 37,5"	24° 37' 30,0"	24° 39' 22,5"	24° 41' 15,0"	24° 43' 07,5"	24° 45' 00,0"	24° 46' 52,5"	24° 48' 45,0"	24° 50' 37,5"	24° 52' 30,0"	24° 54' 22,5"	24° 56' 15,0"	24° 58' 07,5"	25° 00'

Рис. 8. Трапеція М-35-2 розділена на 256 частин

М 35 2 (1, 2, 17, 18)

		52° 0' 00"
1	2	
		51° 58' 45"
17	18	
		51° 57' 30"
24° 30' 00"	24° 31' 52,5"	24° 33' 45"

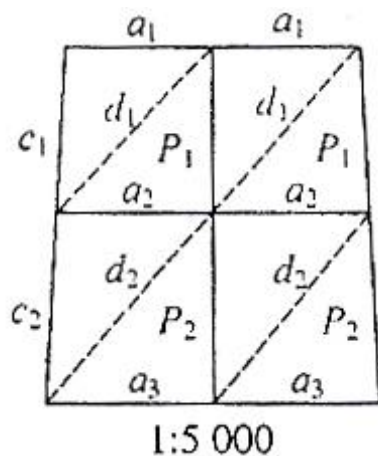
1:10 000

Рис. 9. Аркуш масштабу 1:5000

Обчислення прямокутних координат вершин рамок
трапеції 1:5 000 із номенклатурою

М 35 2 (1, 2, 17, 18)

	L	24° 30' 00'	24° 31' 53'	24° 33' 45'
	L0	24° 00' 00"		24° 00' 00"
B	l	+ 0° 30' 00'		+ 0° 33' 45'
значення координат		значення координат	значення координат	значення координат
Значення абсцис				
52° 00' 00,0"		5763562,837	<u>5763578,518</u>	<u>5763594,200</u>
51° 58' 45,0"		5761244,757	<u>5761260,441</u>	<u>5761276,126</u>
51° 57' 30,0"		5758926,677	5758942,364	5758958,051
Значення ординат				
52° 00' 00,0"		8534339,474	<u>8536485,676</u>	<u>8538631,877</u>
51° 58' 45,0"		8534355,411	<u>8536502,608</u>	<u>8538649,806</u>
51° 57' 30,0"		8534371,347	8536519,541	8538667,735



a_1	=	42,92см
a_2	=	42,94см
a_3	=	42,96см
c_1	=	46,36см
c_2	=	46,36см
d_1	=	63,19см
d_2	=	63,20см
P	=	497,6га
P	=	497,9га

Рис.10. Розміри рамок трапецій масштабу 1:5 000, та їхні площі:

Вибрані координати рамки
М-35-2-(2)

В \ L	24° 31' 53"	24° 33' 45"
значення координат	значення координат	значення координат
Абсциси X		
52° 00' 00,0"	5763578,518	5763594,200
51° 58' 45,0"	5761260,441	5761276,126
Ординати Y		
52° 00' 00,0"	8536485,676	8538631,877
51° 58' 45,0"	8536502,608	8538649,806

2.2. Графічно розрахункова частина курсової роботи

Геодезичною основою для великомасштабних знімань можуть бути:

а) державні геодезичні мережі (триангуляція й полігонометрія 1,2,3 класів, нівелювання I, II, III, IV класів);

б) геодезичні мережі згущення: триангуляція 1 і 2 розрядів, полігонометрія 4 класу, 1 і 2 розрядів, технічне нівелювання;

в) геодезична знімальна основа (планові, висотні й планово-висотні знімальні мережі або окремі пункти).

Середня густота державної геодезичної мережі 1-3 класів для знімання в масштабі 1:5000 згідно з інструкцією [3] становить один пункт триангуляції або полігонометрії на $20-30 \text{ км}^2$ і один репер на $10-15 \text{ км}^2$. Визначасмо густоту пунктів державної геодезичної мережі на об'єкті робіт. Густота пунктів мереж згущення на забудованій місцевості доводиться до чотирьох на 1 км^2 . Знімальна основа доводиться до густоти, що забезпечує виконання знімання.

Вимоги до інженерної полігонометрії

№ п/п	Показники	4 клас	1 розряд	2 розряд
1	Граничний периметр полігона, км	40	20	12
2	Гранична довжина ходу в км: окремого між вихідною й вузловою точками між вузловими точками	14,0 9,0 7	7,0 5,0 4,0	4,0 3,0 2,0
3	Довжина сторін у км: найбільша найменша оптимальна	3,00 0,25 0,50	0,80 0,12 0,30	0,50 0,08 0,20
4	Кількість сторін у ході, не більше	15	15	15
5	Відносна похибка координат, не більше	1:25000	1:10000	1:5 000
6	Середня квадратична похибка виміру кута	3"	5"	10"
7	Кутова нев'язка ходу або полігону, не більше (де n-кількість кутів)	$5''\sqrt{n}$	$10''\sqrt{n}$	$20''\sqrt{n}$

2.2.1. Проектування планово-висотних опорних точок

На карту масштабу 1:25000 наноситься рамка трапеції масштабу 1:10 000 заданої номенклатури. Для цього розміри рамки трапеції масштабу 1:10 000 слід перевести у розміри масштабу 1:25000. Отже, розміри карти масштабу 1:10 000 заданої номенклатури (у сантиметрах) на карті масштабу 1:25 000 наступні:

$$a1 = \frac{42,92 \times 100}{250} = 17,2 \text{ см}$$

$$a2 = \frac{42,94 \times 100}{250} = 17,2 \text{ см}$$

$$c = \frac{46,36 \times 100}{250} = 18,5 \text{ см}$$

$$d = \frac{63,19 \times 100}{250} = 25,3 \text{ см}$$

Для прикладу аерофотознімання місцевості на об'єкті для створення карти масштабу 1:5000 виконується в масштабі 1:8100. Розрахунок **аерознімальних робіт**:

а) **Відстань між осями маршрутів D_y** у метрах визначаємо за формулою:

$$D_y = \frac{Q \cdot M}{l},$$

Де Q%-поперечне перекриття знімків сусідніх маршрутів

M- знаменник масштабу зальоту

l-розмір сторони знімка =0,18м

$$= \frac{\dots}{\dots} = \dots \text{ м}$$

б) **Базис фотографування** B_x – відстань на місцевості між центральними точками сусідніх знімків. Він обчислюється за формулою :

$$= \frac{\dots}{\dots} = \dots \text{ м}$$

Щоб відкласти на карті величини D_y і B_x в сантиметрах треба отримані значення поділити на 250 м. За вісь першого маршруту я прийняла північну сторону рамки карти. Від неї в межах карти, по східній і західній сторонах рамки відкласти відрізки D_y в сантиметрах та з'єднати.

На північному та південному маршрутах наносять центральні точки знімків через віддаль B_x у сантиметрах. Центральну точку першого знімка суміщають із точкою перетину маршруту із західною стороною рамки трапеції масштабу 1:10000.

в) **Кількість маршрутів С на ділянці робіт** визначають за формулою:

$$C = \frac{D}{D_y} + 1 (\text{маршрутів}),$$

де D – відстань у метрах між північною та південною сторонами рамки об'єкту.

$$\begin{aligned} &= \dots = \dots = \dots \text{ м.} \\ D &= 250 * 18,54 = 4636,18 \text{ м} \\ &= \frac{\dots}{\dots} = \dots \text{ маршрутів} \end{aligned}$$

г) **Кількість знімків q в одному маршруті** визначають за формулою:

$$q = \frac{L}{B_x} + 3 (\text{знімків})$$

де L довжина маршруту на ділянці робіт у метрах. Тоді:

$$\begin{aligned} &= \dots = \dots = \dots \text{ м} \\ q &= \frac{4300,41}{437,40} = 12,83 = 13 \text{ знімків} \end{aligned}$$

д) **Кількість знімків N на всю трапецію** обчислюють за формулою:

$$N = 1,25 * 6 * 13 = 97,5$$

Для виконання аерознімальних робіт необхідно 98 знімків.

е) Для нанесення на карту зон поперечного перекриття між сусідніми маршрутами необхідно відкласти по західній та східній сторонах рамки трапеції від осі маршруту відрізок l' , який дорівнює половині розміру знімка l у масштабі карти (l' відкладають від осі верхнього маршруту вниз, а від осі нижнього маршруту вгору). З'єднавши за допомогою лінійки нанесені точки прямими заштриховуємо створену цими лініями смугу - зону поперечного перекриття знімків.

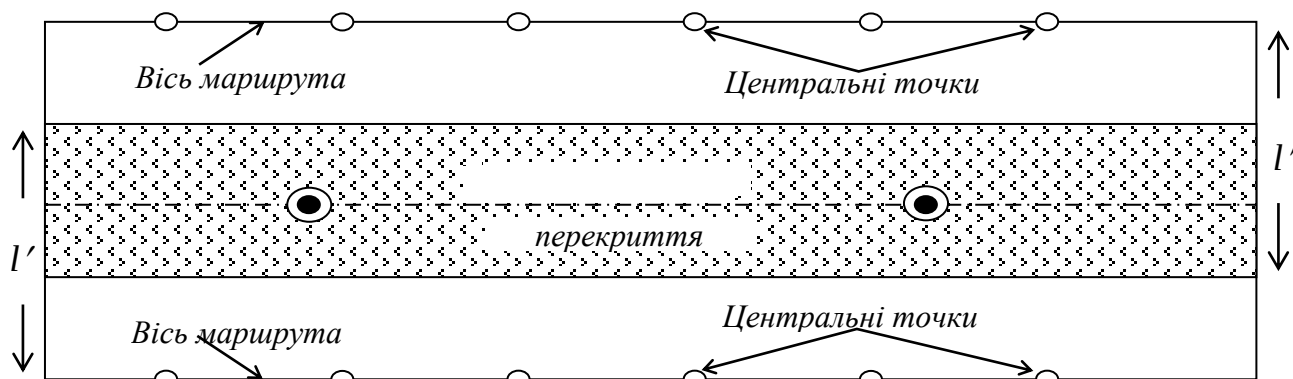


Рис. 11. Схема зони поперечного перекриття двох суміжних маршрутів та осі суміжних маршрутів з центральними точками знімків

Довжину відрізка l' в сантиметрах обчислюють за формулою $l' = \frac{l \cdot m}{2 \cdot M}$

Де l - розмір сторони знімка; m - знаменник масштабу фотографування; M - знаменник масштабу карти. $l = 18$ см; $m = 8100$; $M = 25000$.

$$l' = \frac{18 \cdot 8100}{2 \cdot 25000} = 2,9 \text{ см}$$

У запроектованих зонах поперечного перекриття аерознімків необхідно позначити планово-висотні опознаки (ОПВ). Опознаки вибирають вздовж знімальних маршрутів. Для масштабу 1:5000 масштабу зальоту 1:8100 опознаки розміщують у зонах поперечного перекриття через 4-5 базисів фотографування. Опознаками можуть бути чіткі, легко розпізнавальні контури (роздоріжжя, ріг сільськогосподарського угіддя, окреме дерево та інші елементи ситуації).

Якщо в зонах перекриття немає однозначно розпізнавальних контурів, то опознаки намічають у потрібних місцях, вважаючи, що перед зальотом вони будуть маркуватися.

2.2.2 Проектування ходу світловіддалемірної полігонометрії

На карті на ділянці майбутнього знімання в масштабі 1:5000, для згущення геодезичної основи, студенти проєктують один хід полігонометрії або 4 класу або 1 розряду (згідно варіанту), який опирається на пункти тріангуляції вищих класів.

Відносна нев'язка ходу задається студентові індивідуально і може відрізнятися від значення в інструкції, але клас чи розряд має відповідати завданню.

В даному розділі студент має вказати між якими пунктами проектується хід, коротку характеристику траси ходу та видимість між пунктами і відхилення від допусків. Також зазначаються:

а.) Довжина ходу $[S] =$ км за допустимої $[S]_{\text{доп}} = 14$ км;

б.) Довжина замикаючої $L =$ км;

в.) Кількість ліній $n =$ за допустимої величини $n_{\text{доп}} = 15$;

г.) Середня довжина ліній $=$ — за оптимального значення $S_{\text{опт.}} = 500$ м;

д.) Максимальна довжина лінії $S_{\text{max}} =$ за допустимої $S_{\text{max.доп.}} = 3000$ м;

е.) Мінімальна довжина ліній $S_{\text{min}} =$ за допустимої $S_{\text{min.доп.}} = 250$ м.

2.2.3. Розрахункова частина полігонометричного ходу

Спочатку визначаємо форму запроектованого полігонометричного ходу. Для цього на карті необхідно поміряти параметри зігнутості ходу η_{max} (найбільша відстань від вершини ходу до лінії, проведеної через центр ваги ходу паралельно до замикаючої L) і α_{max} (найбільший кут, утворений стороною ходу і замикаючою L), і порівняти їх із допустимими величинами $\eta_{\text{гран}}$, $\alpha_{\text{гран}}$, які визначаються за формулами:

$$\eta_{\text{гран}} = 3\eta \quad \quad \quad = \text{—}$$

$$\alpha_{\text{гран}} = 3\alpha \quad \quad \quad \text{tg } \alpha = \frac{1}{7}$$

Середню квадратичну похибку m_s знаходять для вибраного світловіддалеміра за формулою $m_s = \pm \sqrt{\frac{D}{1000}}$ мм, де D – виміряна довжина лінії у міліметрах. Розраховуємо значення m_s для середньої довжини сторони запроектованого полігонометричного ходу:

Якщо $\eta_{\text{гран}} \leq 909$ м і $\alpha_{\text{гран}} = 24^\circ$ хід буде витягнутим.

У такому разі координати X та Y – умовні координати пунктів запроектованого ходу. За початок умовних координат прийнято початковий пункт ходу, а за вісь X – його замикаюча. Виміряні на карті координати X та Y записують у таблицю. Точність координат повинна відповідати масштабу карти.

Отримавши координати центра ваги ходу, наносять його на карту і через нього проводять лінію, паралельну до замикаючої.

Копіюють хід на кальку, наносять на неї центр ваги ходу, вимірюють величини та записують їх значення у таблицю.

Наступним буде розрахунок середньої квадратичної похибки M в кінцевій точці запроектованого полігонометричного ходу та зробимо висновок, чи достатня його точність.

У світловіддалемірній полігонометрії витягнутий хід, еквівалентний (за довжиною) зігнутому, поступається йому у точності, і тому розрахунок виконаємо за формулою для витягнутих ходів:

$$= \frac{1}{n} \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2} + \dots + \frac{1}{2} \right) = \frac{1}{2}$$

2.2.4. Розрахунок точності лінійних вимірювань у полігонометричному ході

Основними похибками світловіддалемірних вимірювань є:

- а) похибка () приведення ліній до горизонту;
- б) похибка () різниці фаз;
- в) похибка (m_k) приладової поправки;
- г) похибка (m_g) циклічної поправки;
- д) похибка (m_c) за центрування та редукцію;
- е) похибка (m_f) основної моделюючої частоти;
- є) похибка () робочої швидкості світла.

$$= m_D + m_s,$$

де m_D - сумарна похибка виміряної нахиленої лінії D , яка визначається за формулою

$$= \sqrt{m_k^2 + m_g^2 + m_c^2 + m_f^2 + m_v^2},$$

де $m_v = \frac{D}{v}$, v – робоча швидкість світла, f – частота.

Похибка має випадковий характер і обчислюється за формулою

$$= m_h,$$

де h – перевищення між кінцями лінії; m_h - середня квадратична похибка перевищення.

Висновок: Похибкою приведення ліній до горизонту можна нехтувати й прийняти, що

$$m_s = m_D.$$

Розглянемо тепер допуски (при ймовірності $P=0,95$) на окремі джерела похибок випадкового m_{sum} і систематичного характеру при вимірюванні сторони ходу за формулами

$$= \frac{\sqrt{+} \sqrt{\sqrt{+}}}{\sqrt{+} \sqrt{\sqrt{+}}}$$

$$= \frac{\sqrt{+}}{\sqrt{+}}$$

Похибка різниці фаз випадкова й розрахункова величина її впливу становить 4,0 мм. Саму похибку розрахуємо за формулою

$$= \frac{\sqrt{+}}{\sqrt{+}}$$

де α - кількість градусів у радіані.

Похибка залежить від кількості прийомів, рівня сигналу тощо. Але від кількості прийомів залежить і похибка σ . Їх спільний вплив становить

$$= \sqrt{\sigma^2 + \sigma^2}$$

а допустимий розмах R_n у прийомах під час вимірювання сторін ходу можна визначити за формулою

$$= \frac{R_n}{\sqrt{n}}$$

де $t_{P,n}$ - нормований коефіцієнт, вибирається з таблиці за ймовірністю P та кількістю ступенів свободи n .

Похибка приладової поправки світловіддалеміра діє в полігонометричному ході як систематична і залежить від методики й точності визначення приладової поправки на взірцевому базисі, від стабільності роботи світловіддалеміра тощо.

Циклічна похибка фазометра m_g може бути випадковою й систематичною. Циклічна похибка досліджується на базисі. Будується графік цієї похибки, за яким вона враховується, тому вплив похибки її визначення має випадковий характер. Фактично $m_g = 1 \pm 3 \text{ мм}$, тому допуск 4,0 мм легко витримується.

Похибка m_c центрування й редукації світловіддалеміра і відбивача має випадковий характер, тому діє розрахований допуск 4,0 мм. Але оптичні центрири забезпечують точність 1 мм. Отже, як і в попередньому випадку, тут утворюється запас точності для компенсації інших похибок.

Похибка основної модулюючої частоти в полігонометричному ході діє як систематична й викликана зміною частоти з часом. Вона залежить від довжини лінії і розраховується за формулою

$$= \frac{L}{v}$$

Похибка визначення робочої швидкості світла переважно випадкова й незначна для вимірювання сторін полігонометрії 4 класу, 1 і 2 розрядів.

2.2.5. Розрахунок точності кутових вимірювань.

Основними похибками кутових вимірювань є:

- а) похибка редукації;
- б) похибка центрування;

- в) похибка приладу;
- г) похибка власне вимірювання;
- д) похибка впливу зовнішнього середовища;
- е) похибки вихідних даних.

Вплив окремих джерел похибок випадкового й систематичного характеру для ймовірності $P=0,95$ можна розрахувати за формулами:

$$= \frac{\sqrt{\quad}}{\sqrt{\quad} + \sqrt{\quad}}$$

$$= \frac{\sqrt{\quad}}{(\quad + \quad) \sqrt{\quad}}$$

Допуски на окремі джерела похибок обчислюються наступним чином:

- а) Похибку e_1 редукції візирної цілі визначають за формулою

$$= \text{-----}$$

- б) Похибку e_2 за центрування теодоліта одержують з формули:

$$e_2 = \frac{e_1}{\sqrt{2}}$$

в) Похибки приладу істотно зменшуються раціональною методикою вимірювання кутів. Але нахил “і” горизонтальної осі теодоліта не виключається методикою роботи і має випадковий характер. Нахил горизонтальної осі буде виключено при обчисленні середнього значення кута, виміряного при КЛ і КП. Але треба пам’ятати, що нахил “і” вертикальної осі теодоліта не виключається вимірюванням кута при КЛ і КП. Допуск для “і” визначають за формулою:

$$= \text{-----}$$

де $\alpha = \alpha$ - кути нахилу напрямків. Необхідно знайти $i_{\text{дон}}$ при кутах нахилу 5 і 20. Якщо α , то приймається рішення про застосування накладного рівня.

- г) Для похибки власне вимірювання кута розрахуємо кількість прийомів n вимірювання кута способом кругових прийомів за формулою:

$$= \frac{\quad}{\quad} + \quad$$

де $m_{\text{віз}}$ - похибка візування, $m_{\text{відл}}$ - похибка відліку.

Для кутових вимірювань у полігонометрії 4 класу, 1 і 2 розрядів використовують точні теодоліти типу Т2 або Т5, зорові труби яких мають збільшення не менше ніж $25^{\times}$. Згідно із цими даними похибка візування розраховується за формулою

$$m_{\text{віз}} = \frac{60''}{V^{\times}}.$$

де $60''$ – критичний кут зору.

Похибка відліку для теодолітів типу Т2 становить $m_{відл} = 2''$, а для Т5 - $m_{відл} = 8''$. Згідно з наведеними даними вибирають теодоліт, вказують його в тексті курсової роботи і розраховують кількість прийомів кутових вимірювань.

Крім того, треба розрахувати допустимий розмах у прийомах за формулою:

$$= \sqrt{\quad}$$

Інструкція допускає для полігонометрії 4 класу також 3 прийоми і розмах вимірів у прийомах – 8”.

д) Похибки впливу зовнішнього середовища спотворюють результати кутових вимірювань через горизонтальну рефракцію, забрудненість атмосфери, коливання зображень візорних марок. Для послаблення впливу вказаних факторів кутові вимірювання виконують у сприятливих умовах.

е) Похибки вихідних даних не спотворюють результатів вимірювань горизонтальних кутів, але впливають на нев’язку ходу й тому враховуються в розрахунках точності як окреме джерело похибок.

2.2.6. Розрахунок точності визначення висот пунктів полігонометричного ходу

На об’єкті робіт висоти пунктів запроектованого полігонометричного ходу 4 класу визначаємо з ходів геометричного нівелювання III або IV класів, прокладених між вихідними реперами.

Проектуємо хід нівелювання III, так як висоти вихідних реперів визначені з нівелювання II, а для IV класу визначають з реперів III класу.

Студент вибирає та називає вихідні репера і проєктує хід III або IV класу і описує трасу нівелювання за картою масштабу 1:25000.

Для розрахунку точності визначення висот пунктів полігонометричного ходу можна використати співвідношення:

$$=$$

де $f_{h_{\text{гран}}}$ - гранична нев’язка нівелірного ходу, - середня квадратична похибка в найслабшому місці ходу після урівнювання.

Для нівелювання III класу маємо:

$$= \sqrt{\quad}$$

Для нівелювання IV класу:

$$= \sqrt{\quad}$$

де L - довжина ходу, км.

Похибку визначення висоти найслабшого пункту ходу обчислюємо за формулою

$$= \text{---}$$

2.2.7. Прив'язування планово-висотних опорних точок

Для планової прив'язки опознаків використовують методи:

а) Полігонометричні ходи 1 та 2 розрядів і теодолітні ходи, прокладені між пунктами тріангуляції й полігонометрії 4 класу.

б) Прямі, обернені і полярні засічки (переважно на відкритій місцевості). Інструкція допускає визначення точок прямою засічкою не менше ніж із трьох, а оберненою засічкою зі спостережень не менше ніж із чотирьох пунктів опорної мережі. Для прямої засічки кут між напрямками в точці, що визначається, повинен бути не меншим ніж 30° і не більшим за 150° .

в) висоти опорних знаків визначають нівелюванням, що опирається на вихідні репери та пункти полігонометрії 4 класу, які є фактично реперами після нівелювання їх геометричним нівелюванням III чи IV класу.

Студент наводить перелік опознаків та спосіб їх прив'язки.

Гранична похибка положення пунктів планової знімальної мережі, зокрема й планових опознаків, відносно пунктів геодезичної основи не повинна перевищувати 0,2 мм у масштабі карти.

Так, якщо масштаб 1: 5 000, то на місцевості ця похибка буде дорівнювати 1 м. Тоді будемо вважати, що 1 м – це гранична похибка в положенні найслабшого пункту ходу.

Тоді гранична нев'язка ходу буде дорівнювати:

$$= \quad =$$

За формулою:

$$\frac{\text{доп } f_s}{[S]} = \frac{1}{T}$$

Знайдемо допустиму довжину ходу [S]:

$$[S] = T \times \text{доп } f_s.$$

Середньоквадратична похибка ходу обчислюється за формулами:

$$M^2 = [m^2_s] + \frac{m_{\text{гр}}^2}{(\rho')^2} \times \frac{n+3}{12} \times L^2$$

де М – похибка середньої точки ходу;

n – кількість сторін ходу;

L – довжина ходу прив'язки, виміряна на карті;

$m_{\text{гр}}$ – гранична похибка виміру кута.

Планове положення опознаків, прив'язаних ходом 1 розряду і теодолітним ходом, буде визначатися з достатньою точністю, оскільки похибка М не перевищує 1 м.

2.2.8. Прив'язування опознаків методами різних видів засічок

Економічно найвигідніше планове прив'язування опорних точок виконувати різними видами засічок. Тому в даній курсовій роботі присутні окрім ходів, ще 3 різних види засічок: обернена кутова, пряма кутова, та лінійна засічки.

Похибку в плановому положенні опорної точки, яку визначатимуть оберненою кутовою засічкою обчислюємо за формулами:

$$= \frac{1}{\sqrt{3}} \sqrt{a^2 + b^2 + c^2}$$

$$= \sqrt{\frac{a^2 + b^2 + c^2}{3}}$$

де a , b , c - сторони оберненого трикутника;

$$= \frac{a + b + c}{2} - \text{його півпериметр};$$

F – площа трикутника;

$$= 6'' \text{ (сумарна випадкова похибка вимірювання кута)}$$

Для побудови оберненого трикутника спочатку обчислимо величини r_i :

$$= \frac{S_i}{r_i}$$

де, S_i - віддалі від вихідних пунктів до визначуваного в метрах, виміряні на карті;

Величини r_i відкладають у масштабі карти по трьох відповідних сторонах напрямів від визначуваного пункту до вихідних. Потім, з'єднавши три точки, отримаю обернений трикутник зі сторонами a , b , c . Помірявши ці сторони, за формулою $m = \frac{1}{\sqrt{3}} \sqrt{a^2 + b^2 + c^2}$, обчислюють похибку.

Розрахунок точності планового положення ОПВ прив'язаного прямою засічкою

Використовуючи для прив'язування ОПВ, пряму кутову засічку, похибку у його плановому положенні обчислимо за формулою:

$$= \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{a^2 + b^2}$$

де S_1 і S_2 — довжини двох з трьох напрямків
 кут між цими двома напрямками;

2.2. 10. Розрахунок точності висотної прив'язки опозначів

Висотна прив'язка опозначів виконується різними методами. Опозначи, що прив'язані теодолітними ходами. Засічками, у висотному відношенні прив'язують геометричним нівелюванням IV класу, для якого

$$= \sqrt{\quad}$$

Допустиму довжину нівелірного ходу IV класу обчислюємо за формулою

$$= \quad$$

4. ВИХІДНІ МАТЕРІАЛИ

1. Карта масштабу 1:25000.
2. Вихідні дані для виконання обчислень видаються кожному студенту в індивідуальному порядку.

5. ЗАВДАННЯ ДО КУРСОЇ РОБОТИ

1. Ознайомитись з теоретичним матеріалом.
2. Обчислити геодезичні та прямокутні координат вершин рамки заданої трапеції в масштабі 1:10 000.
3. Надати короткий фізико-географічний нарис, економічну та топографо-геодезичну характеристики району робіт.
4. Запроектувати планово-висотні опорні точки (ОПВ).
5. Запроектувати полігонометричні мережі IV-го класу та 1-го і 2-го розрядів.
6. Запроектувати нівелювання III-го чи IV-го класів, технічного та тригонометричного нівелювання.
7. Виконати проектування різного роду засічок та теодолітних ходів для визначення координат опорних точок.
8. Виконати оцінку точності запроєктованих мереж.
9. Виконати опис методики й організації робіт на об'єкті і скласти кошторис.
10. Висновки

РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

1. Геодезичний енциклопедичний словник. – Львів, 2001
2. Геодезичні прилади. Підручник / За редакцією Т. Г. Шевченка. Друге видання, перероблене та доповнене. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2009. 484 с.
3. Інструкція з топографічного знімання у масштабах: 1:5000-1:500. Київ, 1999.
4. Зуска А.В. Інженерна геодезія: навч. посіб. / А.В. Зуска; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – Дніпро: НГУ, 2016. – 215 с.
5. Костецька Я.М. Геодезичні прилади. ч. II. Львів. Престиж-інформ, 2000. – 324 с.
6. Могильний С.Г. Геодезія (частина перша) / Могильний С.Г., Войтенко С.П. – Чернігів, КП: видавництво «Чернігівські обереги», 2002р – 408 с.
7. Островський А. Л., Мороз О. І., Тарнавський В. Л.. Геодезія. Частина друга. Підручник. Друге вид., виправлене. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2012. 564 с.
8. Топографо-геодезична та картографічна діяльність. Законодавчі та нормативні акти. ч.1, Укргеодезкартографія, 2000-405 с.
9. Топографо-геодезична та картографічна діяльність. Законодавчі та нормативні акти. ч.2, Укргеодезкартографія, 2002-656 с.
10. Тревого І.С., Шевченко Т.Г., Мороз О.І. Геодезичні прилади: практикум. Львів, 2007. 196 с
11. Шевченко Т. Г., Мороз О. І., Тревого І. С. Геодезичні прилади. Львів : Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2006. 464 с.
12. Шемякін М.В. Геодезія: навч. Посіб. / М.В Шемякін, В.П. Кирилюк, С.В. Романчук – Рівне: Центр навчальної літератури, 2018. – 296 с.
13. Martin Vermeer. Geodesy. The science underneath. - Aalto University School of Engineering Department of Built Environment, 2019. – 610 p.
14. Torge W., Müller J. Geodesy. New York: Walter De Gruyter, 2012. – 434 p.

Методичне видання

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
щодо написання
КУРСОВОЇ РОБОТИ ЗІ СПЕЦІАЛЬНОСТІ
для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня
за освітньо-професійною програмою
«Експертна оцінка землі та нерухомого майна»
спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій»
денної та заочної форм навчання

Формат А5. Папір офсетний.
Умов.-друк. арк. 1,4
Тираж 30 прим.

Західноукраїнський національний університет
46000, Тернопіль, вул. Львівська, 3

