

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до проведення практичних занять
і організації самостійної роботи
з навчальної дисципліни

**«СТВОРЕННЯ ТА РЕКОНСТРУКЦІЯ ЛОКАЛЬНИХ
ГЕОДЕЗИЧНИХ МЕРЕЖ»**

*(для здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти денної та
заочної форм навчання зі спеціальності 193 – Геодезія та землеустрій)*

Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2023

Методичні рекомендації до проведення практичних занять і організації самостійної роботи з навчальної дисципліни «Створення та реконструкція локальних геодезичних мереж» для здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти денної та заочної форм навчання зі спеціальності 193 – Геодезія та землеустрій) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. : М. А. Кухар, Л. О. Маслій. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2023. – 27 с.

Укладачі: канд. техн. наук, ст. викл. М. А. Кухар,
ст. викл. Л. О. Маслій

Рецензент

М. О. Пілічева, кандидат технічних наук, доцент кафедри земельного адміністрування та геоінформаційних систем Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова

Рекомендовано кафедрою земельного адміністрування та геоінформаційних систем, протокол № 1 від 05.09.2022

ЗМІСТ

Вступ.....	4
Практична робота № 1 створення проєкту локальної геодезичної мережі.....	5
Практична робота № 2 врівноваження планової локальної геодезичної мережі	12
Практична робота № 3 врівноваження висотної локальної геодезичної мережі	19
Практична робота № 4 реконструкція центру пунктів локальної геодезичної мережі	23
Завдання до самостійної роботи.....	25
Список використаних джерел.....	26

ВСТУП

Предмет дисципліни «Створення та реконструкція локальних геодезичних мереж» – створення та реконструкція локальних геодезичних мереж (ЛГМ).

Об'єкт дисципліни «Створення та реконструкція локальних геодезичних мереж» – сучасні методики та методи створення та реконструкції локальних геодезичних мереж в Україні.

Метою дисципліни «Створення та реконструкція локальних геодезичних мереж» є надати аспірантам інформацію про традиційні та сучасні методики та методи створення та реконструкції локальних мереж на законодавчому, професійному та практичному рівнях.

Для досягнення мети вирішуються такі завдання:

- ознайомити молодих науковців з методами створення ЛГМ;
- ознайомити молодих науковців з сучасним геодезичним обладнанням для створення ЛГМ;
- ознайомити молодих науковців з традиційними методиками створення та реконструкції ЛГМ;
- ознайомити молодих науковців з сучасними методиками створення та реконструкції ЛГМ;
- ознайомити молодих науковців з засобами врівноваження ЛГМ.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1

СТВОРЕННЯ ПРОЄКТУ ЛОКАЛЬНОЇ ГЕОДЕЗИЧНОЇ МЕРЕЖІ

Мета роботи: навчитись проєктувати локальні геодезичні мережі.

Обладнання: топографічна карта в електронному вигляді, спеціалізоване програмне забезпечення, або паперова топографічна карта, лінійка, геодезичний транспортир, олівець.

Завдання 1. Подати фізико-географічну характеристику району робіт. Карта надається викладачем, або обертається аспірантом самостійно.

Фізико-географічна характеристика – це характеристика території відносно різноманітних географічних (природних) об'єктів, які впливають на природно-ресурсний потенціал території або країни, наприклад, моря, океани, водойми, пояси типів ґрунтів тощо.

Фізико-географічна характеристика повинна включати опис таких елементів на територію робіт:

- розташування;
- координати вихідних пунктів геодезичної мережі з каталогу координат геодезичних пунктів;
- клімат, температура, вітри;
- рельєф, перепад висот, мінімальна, максимальна висота; напрями зміни висот, особливості рельєфу;
- природні утворення та їх характеристики: річки, гори, яри тощо.
- характеристика ґрунтів;
- населені пункти;
- дороги.

Завдання 2. Проєктування планової локальної геодезичної мережі.

Проєктування пунктів полігонометрії виконується згідно вимог інструкції «Про затвердження Інструкції з топографічного знімання у масштабах 1:5 000, 1:2 000, 1:1 000 та 1:500 (ГКНТА-2.04-02-98)». З цими вимогами аспірант повинен ознайомитися самостійно.

Згідно з цією інструкцією полігонометрія 1 розряду будується з метою згущення геодезичних мереж до щільності, що забезпечує розвиток знімальної основи великомасштабних знімачів у відкритій і гірській місцевостях, або у випадках, коли з будь-яких причин застосування методу полігонометрії неможливе або недоцільне.

Вихідними пунктами для розвитку полігонометрії 1 розряду служать пункти геодезичної мережі вищих класів або розрядів відповідно (рис. 1.1).

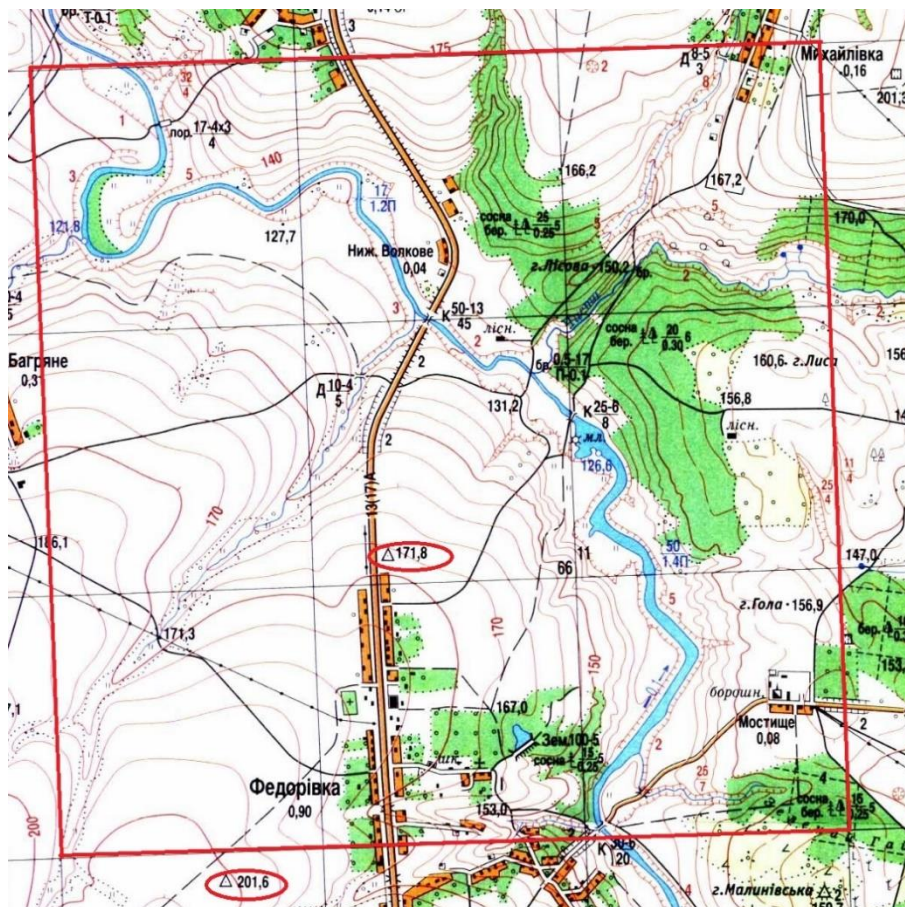


Рисунок 1.1 – Пункти триангуляції, які розташовані в межах району робіт

Залежно від розташування і густоти вихідних пунктів на об'єкті знімання мережу полігонометрії 1 розряду будують у вигляді сіток, ланцюгів трикутників і вставок окремих пунктів у трикутники, що утворені пунктами мереж вищих класів або розрядів.

Кожен пункт полігонометрії 1 розряду представлений умовним знаком у вигляді квадрата 2 мм × 2 мм.

Таблиця 1.1 – Каталог координат наявних пунктів опорної мережі в системах геодезичних і прямокутних координат

Номер станції	Відмітка пункту опорної мережі, м	Прямокутні координати (км)	
		X	Y
I			
II			
III			
IV			

Планове положення кожного пункту полігонометрії 1 розряду потрібно визначати із трикутників, в яких вимірюються всі кути.

Суцільна мережа полігонометрії повинна опиратися не менш ніж на три вихідних геодезичних пункти і на дві вихідні сторони.

Мережі полігонометрії створюються у вигляді окремих ходів або систем ходів. Окремий хід полігонометрії повинен опиратися на два вихідних пункти, на яких вимірюють прилеглі кути.

Як виняток, у разі відсутності між вихідними пунктами видимості з землі, допускається:

- прокладання ходу полігонометрії, що опирається на два вихідні пункти без кутової прив'язки на одному з них. Для контролю кутових вимірів використовують дирекційні кути на орієнтирні пункти державної геодезичної мережі або дирекційні кути прилеглих сторін, які одержані з астрономічних вимірів з середньою квадратичною похибкою 5'' або вимірів гіротеодолітами з середньою квадратичною похибкою 10'';

- координатна прив'язка до пунктів геодезичної мережі. При цьому для контролю кутових вимірів (з метою виявлення грубих помилок вимірів) використовують дирекційні кути на орієнтирні пункти або азимути, що одержані з астрономічних або гіротеодолітних вимірів. Замість останніх дозволяється прокладати теодолітні ходи, які утворюють замкнуті фігури з включенням вихідних пунктів.

Прокладання висячих ходів не допускається.

З метою забезпечення більшої жорсткості мережі необхідно прагнути до скорочення багатоступінчастості мережі, тому в практичній роботі проєктується лише мережа 1 розряду. Вимірювання кутів на пунктах полігонометрії виконують способом вимірювання окремого кута або способом кругових прийомів за триштативною системою оптичними приладами не нижче 5'' точності. Центрування приладу та візирних марок виконують з точністю 1 мм.

Спосіб кругових прийомів застосовують, коли кількість напрямків на пункті більше двох.

При вимірюваннях способом окремого кута алідаду обертають тільки за ходом годинникової стрілки або тільки проти ходу годинникової стрілки. При вимірюваннях круговими прийомами в першому півприйомі алідаду обертають за ходом годинникової стрілки, а в другому – в протилежному напрямку.

Перед початком робіт необхідно визначати середню квадратичну похибку вимірювання віддалі одним прийомом. Визначення середньої квадратичної похибки проводять шляхом вимірювання інтервалів взірцевого базису 2 розряду задовжки 100, 300, 500, 1 000, 2 000, 3 000 м або близьких до них інтервалів.

В результаті буде отримана мережа полігонометрії (рис. 1.2).

Після розбивки пунктів полігонометрії виконується врівноваження ходів полігонометрії. Більш детально про за потреби з прикладами врівноваження ходів полігонометрії можна ознайомитись у роботі.

Характеристики запроєктованих ходів полігонометрії, для зручності врівноваження, вносяться до таблиці 1.2, встановленої форми.

Таблиця 1.2 – Характеристика запроєктованих ходів полігонометрії 1 розряду

Назва ходу	Довжина ходу, S км	Замкнута ходу, L км	Кількість сторін	Кількість пунктів	Довжина сторін, км		
					S max	S ser	S min

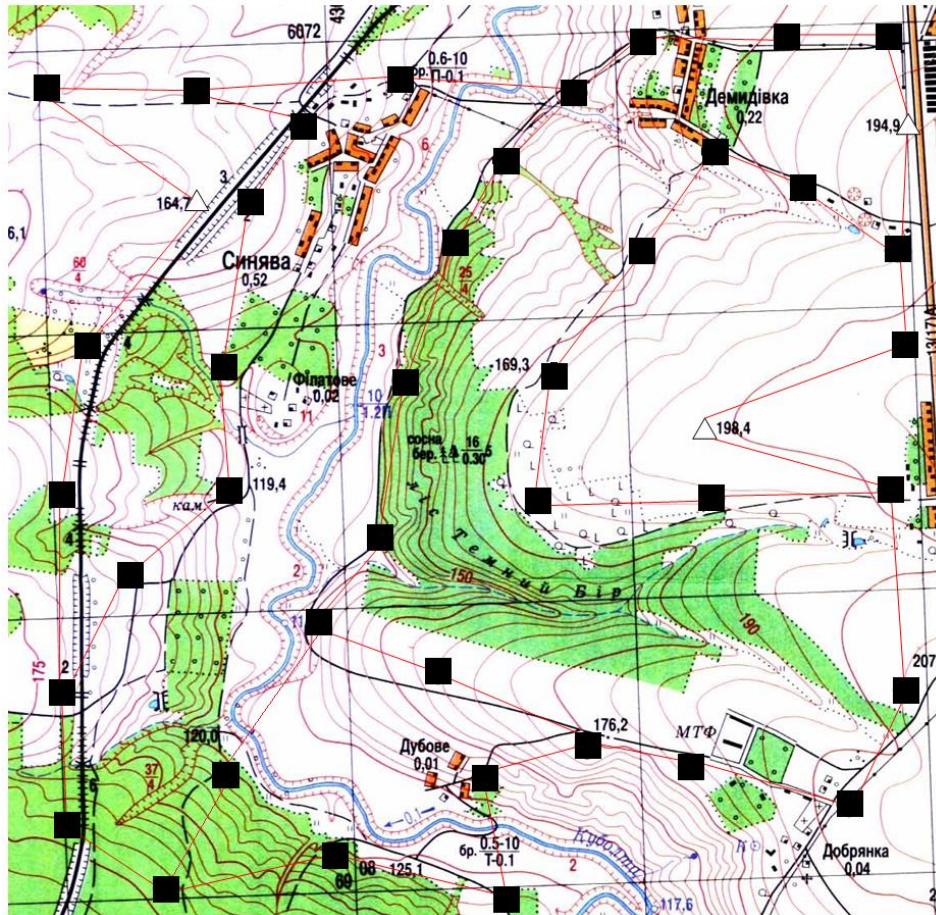


Рисунок 1.2 – Концептуальний приклад проекту ходів планової мережі

Завдання 3. Проектування висотної локальної геодезичної мережі.

Нівелірні висотні мережі III та IV класів створюються з метою висотного забезпечення топографічних знімків у масштабах 1:5 000 і більше. Густоту та клас точності нівелірних мереж під час топографічних знімків зазначають у технічному проекті (програмі) робіт, які залежать від призначення та масштабів знімків, обраного перерізу рельєфу місцевості тощо.

Наприклад, нівелірні мережі III класу створюються на території площею від 25 до 50 км²; на території площею менше 25 км² створюються тільки мережі IV класу. Мережі III та IV класів є нівелірними мережами згущення високоточних державних нівелірних мереж I і II класів. Тому мережі III класу повинні прив'язуватись мінімум до двох пунктів мереж I і II класів. Мережі IV

класу можуть прокладатись в межах мережі III класу з обов'язковою прив'язкою до її пунктів.

Якщо на території знімань створюється одночасно і планова мережа (полігонометрія, триангуляція, трилатерація), то доцільно пункти планової мережі максимально включати в нівелірні мережі III і IV класів.

Норма щільності реперів нівелірної мережі – 1 репер на 15 км² для знімань у масштабі 1:5000. Для забезпечення знімань такого масштабу лінії нівелювання III класу прокладаються з розрахунком створення полігонів з периметром до 60 км. А ходи нівелювання IV класу повинні бути не більше 8 км на забудованій території та 12 км на незабудованій. Закріплюються нівелірні мережі усіх класів на місцевості реперами та стінними марками, які закладаються не рідше ніж через 5 км, у важкодоступних регіонах – до 7 км.

Конструкції реперів (грунтових) і марок часто можуть збігатися з конструкцією центрів і марок планових мереж згущення, зокрема й полігонометрії, наприклад, центр типу 160.

Нев'язки в ходах III класу між вихідними пунктами та в полігонах не повинні становити більше ніж $10 \text{ мм}\sqrt{L}$, а в ходах IV класу – $20 \text{ мм}\sqrt{L}$ (L – довжина ходу в кілометрах).

З огляду на зазначене вище, при проєктуванні мережі III класу на заданій території знімань, у якості реперів доцільно використовувати пункти запроєктованої полігонометрії 4 класу, а при проєктуванні мереж IV класу – пункти мереж 1-го і 2 розрядів (рис. 1.3).

Також необхідно враховувати, що це не означає, що всі абсолютно пункти полігонометрії повинні включатись до нівелірних мереж III і IV класів; так само як і не всі ходи нівелірних мереж повинні збігатися з ходами полігонометрії.

Ураховуючи зазначене вище, на карті масштабу 1:25 000 складають проєкт (схему) окремих нівелірних ходів III класу та проєкт нівелірної мережі IV класу, що спирається на пункти мережі III класу. Мережа нівелірних ходів III класу повинні спиратись своїми кінцями на пункти нівелірної мережі II класу.

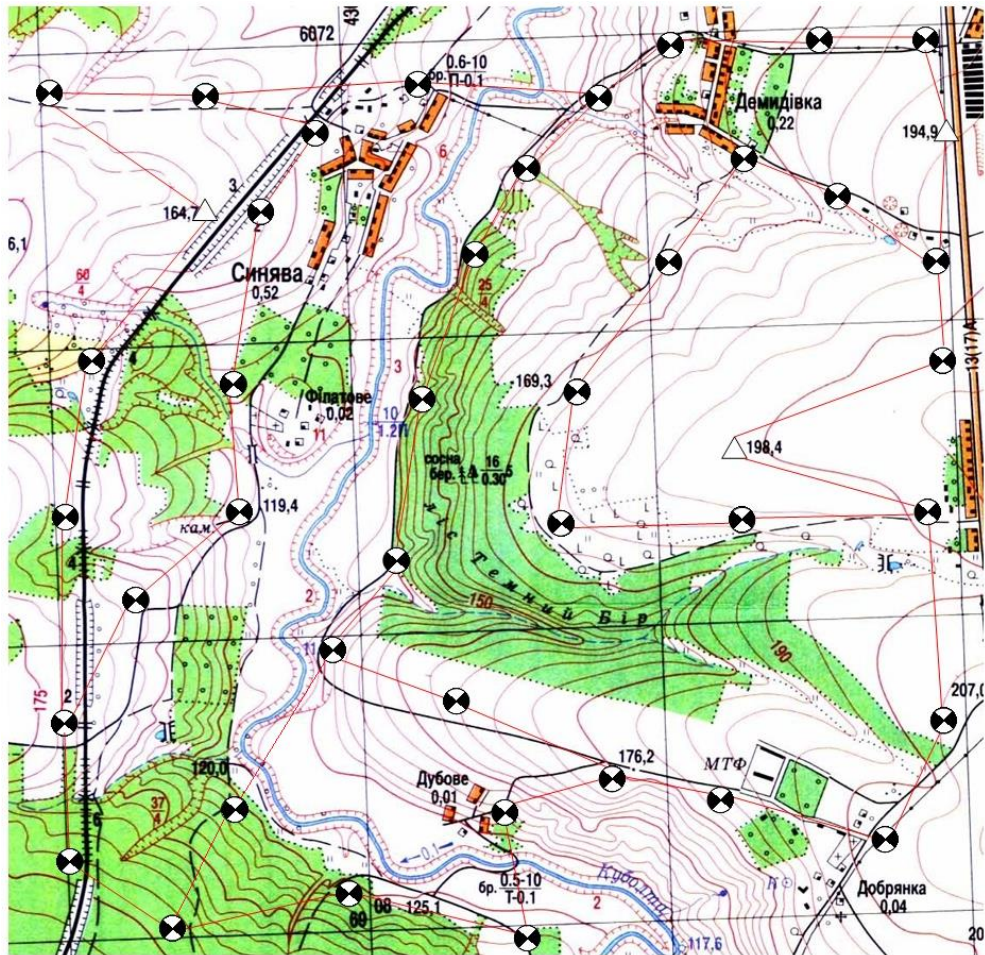


Рисунок 1.3 – Приклад проекту ходів висотної мережі

Питання для самоперевірки

1. Що таке планова геодезична мережа?
2. Що таке висотна геодезична мережа?
3. На яких нормативно-правових актах базується проектування геодезичної мережі ?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2

ВРІВНОВАЖЕННЯ ПЛАНОВОЇ ЛОКАЛЬНОЇ ГЕОДЕЗИЧНОЇ МЕРЕЖІ

Мета роботи: навчитись виконувати врівноваження локальних геодезичних мереж.

Обладнання: журнал вихідних даних ходу планової геодезичної мережі, схема ходу планової геодезичної мережі, спеціалізоване програмне забезпечення, або калькулятор.

Завдання . Виконати врівноваження мережі ходів полігонометрії вручну.

Врівноваження системи полігонометричних ходів виконують в такій послідовності:

2.1. Схема з'єднань і стан польових вимірювань показані на рисунку 2.1. Вихідні дані довжин і кутів брати із схеми. Координати вихідних пунктів беруться з таблиці 2.1 і перераховуються в залежності від варіанту за формулами.

$$X_{\text{нова}} = X_{\text{вихідна}} + 10n \cos 5^\circ n \quad (2.1)$$

$$Y_{\text{нова}} = Y_{\text{вихідна}} + 10n \sin 5^\circ n \quad (2.2)$$

де n – номер значення задане викладачем.

Таблиця 2.1 – Координати пунктів опорної геодезичної мережі, отримані за допомогою супутникових технологій.

Номер пункта	Координати, м	
	X	Y
A	4 519,83	5 204,38
B	4 584,11	5 462,18
C	6 014,73	6 171,34
D	5 612,65	6 165,08
E	4 858,23	7 006,76
F	4 897,84	6 685,61

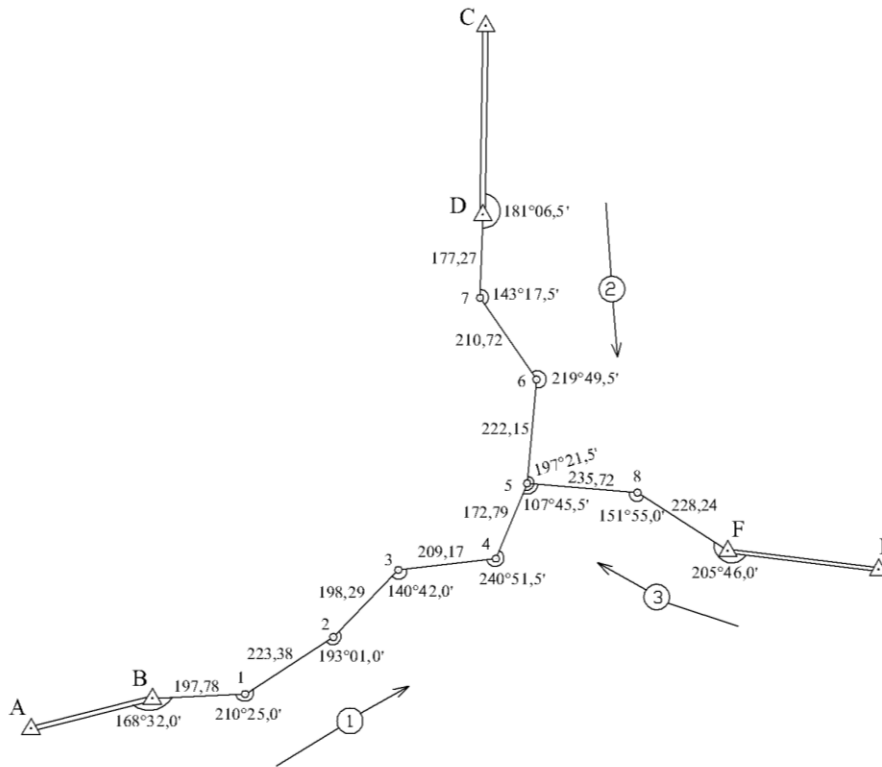


Рисунок 2.1 – Схема полігонометричних ходів

2.2. Обравши вузлову лінію, наприклад, пінію 4–5, підраховують суми вимірних кутів по кожному ходу: Σ_{β_1} , Σ_{β_2} , Σ_{β_3}

2.3. У всіх трьох ходах обчислюють значення дирекційного кута вузлової лінії 4–5 Обчислення ведуть за формулами:

$$\alpha'_{4-5} = \alpha_{DA} + 180^\circ n_1 - \Sigma_{\beta_1} \quad (2.3)$$

$$\alpha''_{4-5} = \alpha_{PB} + 180^\circ n_2 - \Sigma_{\beta_2} \quad (2.4)$$

$$\alpha'''_{4-5} = \alpha_{EC} + 180^\circ n_3 - \Sigma_{\beta_3} \quad (2.5)$$

де n_1 ; n_2 ; n_3 – число кутів у кожному ході.

Якщо в полігонометричних ходах виміряно кути, що розташовані зліва за ходом тоді обчислення дирекційного кута вузлової лінії виконують за формулою:

$$\alpha_K = \alpha_{II} + \Sigma_{\beta} - 180^\circ n \quad (2.6)$$

де α – дирекційні кути.

2.4. Із обчислених трьох значень дирекційних кутів вузлової лінії 4-5 обчислюють його найімовірніше значення.

$$\alpha_0 = \frac{\alpha'_{4-5}P_1 + \alpha''_{4-5}P_2 + \alpha'''_{4-5}P_3}{P_1 + P_2 + P_3} = \alpha + \frac{[P\varepsilon]}{[P]}; \quad (2.7)$$

де P_1, P_2, P_3 – ваги дирекційних кутів, обчислені по кожному ходу із співвідношення:

$$P_1 = \frac{C}{n_1}; \quad P_2 = \frac{C}{n_2}; \quad P_3 = \frac{C}{n_3}. \quad (2.8)$$

де C – довільний коефіцієнт, який обирається так, щоб ваги виражалися числами, близькими до одиниці.

Для зручності обчислень « C » взято рівним 20. Схема обчислення найімовірнішого значення дирекційного кута лінії 4–5 і оцінки точності приведена в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Приклад врівноваження дирекційного кута і оцінка точності

Номер ходу	Значення дирекційного кута лінії 4-5		Число кутів	Вага P	α_0	Відхилення обчисленого кута від набліженого значення	$P\varepsilon$	f	f^2	Pf
1	153	45	5	4	$\alpha + \frac{[P\varepsilon]}{[P]}$	2	8	-0,9	0,81	3,24
2	333	44,3	4	5		1,3	6,5	-0,2	0,04	0,2
3	333	43,1	4	5	333 44,1	0,1	0,5	1,0	1,0	5
α	333	43			$\frac{[P\varepsilon]}{[P]} = +1,1'$		$[P\varepsilon] = 15$			$[Pf^2] = 8,44$
$\mu = \sqrt{\frac{[Pf^2]}{n-1}} = \pm 2,1'$							$M_\alpha = \frac{\mu}{\sqrt{[P]}} = \pm 0,6'$			

2.5. Відхилення дирекційних кутів обчислюю за формулою

$$\varepsilon_i = \alpha_i - \alpha_0 \quad (i = 1, 2, 3). \quad (2.9)$$

2.6. Обчислюють кутові нев'язки в ходах користуючись формулами:

якщо в ходах виміряно кути розташовані справа за ходом:

$$f_{\beta_1} = \alpha_0 - \alpha'_{4-5}; \quad f_{\beta_2} = \alpha_0 - \alpha''_{4-5}; \quad f_{\beta_3} = \alpha_0 - \alpha'''_{4-5} \quad (2.10)$$

якщо в ходах виміряно кути розташовані зліва за ходом:

$$f_{\beta_i} = \alpha'_i - \alpha_0. \quad (2.11)$$

2.7. За обчисленими нев'язками виконують оцінку точності вимірювання кутів.

Обчислюють середню квадратичну похибку одиниці ваги дирекційного кута вузлової лінії μ і середню квадратичну похибку наймовірнішого значення дирекційного кута вузлової лінії M_α .

$$\mu = \sqrt{\frac{Pf_\beta^2}{n-1}} \quad (2.12)$$

$$M_\alpha = \frac{\mu}{\sqrt{[P]}} \quad (2.13)$$

де n – число ходів в системі.

2.7 Якщо обчислені нев'язки не перевищують допустимої величини їх розподіляють порівно на всі кути ходу з протилежними знаками (табл. 2.3). Величини допустимих нев'язок підраховують за формулою:

$$f_{\beta_{дон}} = \pm 1' \sqrt{n} \quad (2.14)$$

де n – число кутів в ході.

Таблиця 2.3 – Приклад врівноваження полігонометричних ходів з однією вузловою точкою номер точки

Номер точки	Виміряні кути		Виправлені кути		Дирекцій кути		Довжина лінії	Прирости координат, м				Координати		
								обчислені		виправлені				
	°		°		°			Δx	Δy	Δx	Δy	x	y	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
(праві) Хід 1														
Д														
		0,2			99	34,5		-0,01	0,08			5117517,4	6385495,3	
А	142	27	142	27,2			295	-216,51	201,05	-216,52	201,13			
		0,1			137	7,3		-0,01	0,09			300,87	696,47	
1	198	35	198	35,1			318	-152,06	279,62	-152,07	279,71			
		0,2			118	32,2		-0,01	0,08			5116148,8	976,18	
2	142	0,5	142	0,7			267	-245,27	106,52	-245,28	106,6			
		0,2			156	31,5		-0,02	0,09			903,52	6386082,8	
3	184	49	184	49,2			353	-311	167,43	-311,02	167,52			
		0,2			151	42,3		-0,01	0,09			592,5	250,3	
4	177	58	177	58,2			333	-298,74	147,41	-298,75	147,5			
					153	44,1		$[\Delta x_1]=$	$[\Delta y_1]=$	-1223,64	902,46	293,75	397,8	
5							$[d_1]=$	-	902,03					
$\Sigma \beta =$	845						1568	$f_{x1} =$	$f_{y1} =$	$f_{s1}/[d_1]$	1/3600			
								0,06	-0,43					
$f_\beta =$	-0,9'	$f_{\beta_{дон}} = \pm 1,0' \sqrt{5} = \pm 2,2' \quad n=5$							$f_{s1} = \sqrt{0,19} = \pm 0,44$					

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
(праві) Хід 2														
P														
		0,1			328	25,3						5115854,9	6386968	
B	201	51,5	201	51,6				0,08	-0,08	116,92	-157,68			
					306	33,7	196	116,84	-157,6			971,78	810,34	
7	167	36,5	167	36,5				0,15	-0,15	292,55	-254,78			
		0,1			318	57,2	388	292,4	-254,63			5116264,3	555,56	
6	218	24	218	24,1				0,06	-0,07	29,42	-157,76			
					280	33,1	160	29,36	-157,69	438,89	-570,22	293,75	397,8	
5	120	49	126	49				$[\Delta x_2]=$	$[\Delta y_2]=$	438,89	-570,22			
					333	44,1	$[d_2]=$	438,6	-569,92					
4							744	$f_{x2} =$	$f_{y2} =$	$f_{s2}/[d_2]$	1/1800			
$\Sigma\beta=$	714	41						-0,29	0,3					
		$f_{\beta\text{доп}}=\pm 1,0'\sqrt{5}=\pm 2,2'$ n=4							$f_{s2}=\sqrt{0,18}=\pm 0,42$					
$f_{\beta} =$	-0,2'													
(праві) Хід 3														
E														
		-0,2			63	50,6								
C	189	40,5	189	40,3				-0,11	0,04			5115726,6	6385715	
		-0,3			54	10,3	279	163,53	226,51	163,42	226,55			
8	185	48	185	47,7				-0,12	0,06			889,98	941,52	
		-0,2			48	22,6	305	202,26	227,61	202,14	227,67			
9	179	49	179	48,8				-0,12	0,06			5116092,1	6386169,2	
		-0,3			48	33,8	305	201,75	228,55	201,63	228,61			
5	254	50	254	49,7				$[\Delta x_3]=$	$[\Delta y_3]=$	567,19	682,83	293,75	397,8	
					333	44,1	$[d_3]=$	567,54	682,67					
4							889	$f_{x3} =$	$f_{y3} =$	$f_{s3}/[d_3]$	1/2300			
$\Sigma\beta=$	810							0,06	-0,43					
		$f_{\beta\text{доп}}=\pm 1,0'\sqrt{5}=\pm 2,2'$ n=4							$f_{s3}=\sqrt{0,12}=\pm 0,38$					
$f_{\beta} =$	+1,0'													

2.8 За виправленими кутами і дирекційними кутами вихідних ліній обчислюють дирекційні кути всіх ліній в ходах.

2.9. Користуючись формулами: $\Delta x = d \cos \alpha$; $\Delta y = d \sin \alpha$ обчислюють прирости координат по всіх сторонах ходів.

2.10. Підраховують суми обчислених приростів координат по кожному ходу: $[\Delta x_1]$; $[\Delta y_1]$; $[\Delta x_2]$; $[\Delta y_2]$; $[\Delta x_3]$; $[\Delta y_3]$ і довжини ходів $[d_1]$; $[d_2]$; $[d_3]$.

За координатами вихідних пунктів і сум приростів координат у ходах обчислюють координати вузлової точки X_5 і Y_5 для кожного ходу (табл. 2.4):

$$X'_5 = X_A + [\Delta X_1], \quad Y'_5 = Y_A + [\Delta Y_1], \quad X''_5 = X_B + [\Delta X_2], \quad Y''_5 = Y_B + [\Delta Y_2], \quad X'''_5 = X_C + [\Delta X_3], \\ Y'''_5 = Y_C + [\Delta Y_3].$$

Таблиця 2.4 – Приклад врівноваження координат вузлової точки і оцінка

точності

Номер ходу	Координати, м	d, км	Вага P = 1/d	ε	P ε	f _x , см	f _y , см	f _x ²	f _y ²	Pf _x ²	Pf _y ²
	x										
1	5116293 81	1,6	0,6	0,81	0,49	6	-43	36	1849	22	1109
2	293,46	0,7	1,4	0,46	0,64	-29	30	841	900	1177	1260
3	294,1	0,9	1,1	1,1	$\frac{+1}{21}$	35	-16	1225	256	1348	282
x ₀	5116293 00		3,1		2,34					2547	2651
				0,75							
x ₅	5116293,75										
	y					$\mu_x = \sqrt{2547/2} = \pm 36$ см					
1	6386397,37	1,6	0,6	0,37	0,22						
2	398,1	0,7	1,4	1,1	1,54	$M_x = 36/\sqrt{3,1} = \pm 20$ см					
3	397,64	0,9	1,1	0,64	0,7						
y ₀	6386397		3,1		2,46	$\mu_x = \sqrt{2561/2} = \pm 36$ см					
						$M_x = 36/\sqrt{3,1} = \pm 20$ см					
y ₅	6386397,8										

2.11. Обчислюють ваги ходів:

$$P_1 = \frac{1}{[d_1]}; \quad P_2 = \frac{1}{[d_2]}; \quad P_3 = \frac{1}{[d_3]}; \quad (2.15)$$

та їх суми.

2.12. Обчислюють найімовірніше значення координат вузлової точки за формулами:

$$X_5 = \frac{X'_5 P_1 + X''_5 P_2 + X'''_5 P_3}{P_1 + P_2 + P_3} = X_0 + \frac{[\varepsilon P]}{[P]}; \quad \varepsilon = X_i - X_0 \quad (2.16)$$

$$Y_5 = \frac{Y'_5 P_1 + Y''_5 P_2 + Y'''_5 P_3}{P_1 + P_2 + P_3} = Y_0 + \frac{[\varepsilon P]}{[P]}; \quad \varepsilon = Y_i - Y_0 \quad (2.17)$$

2.13. Обчислюють нев'язки в приростах координат кожного ходу:

$$f_{x_1} = X'_5 - X_5 \quad f_{y_1} = Y'_5 - Y_5 \quad (2.18)$$

$$f_{x_2} = X''_5 - X_5 \quad f_{y_2} = Y''_5 - Y_5 \quad (2.19)$$

$$f_{x_3} = X'''_5 - X_5 \quad f_{y_3} = Y'''_5 - Y_5 \quad (2.20)$$

2.14. Виконують оцінку точності обчислення найімовірнішого значення

координат вузлової точки. Обчислюють середню квадратичну похибку одиниці ваги μ і середню квадратичну похибку координат M .

$$\mu_x = \sqrt{\frac{[Pf_x^2]}{n-1}} \quad \mu_y = \sqrt{\frac{[Pf_y^2]}{n-1}} \quad (2.21)$$

$$M_x = \frac{\mu_x}{\sqrt{[P]}} \quad M_y = \frac{\mu_y}{\sqrt{[P]}} \quad (2.22)$$

де n – число ходів.

2.15. Величини нев'язок кожного ходу вписують в відомість обчислення координат точок теодолітних ходів і підраховують їх абсолютні і відносні величини по кожному ходу за формулами:

$$f_s = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}; \quad f_{від} = \frac{f_s}{[d]} \quad (2.23)$$

Величини відносних похибок повинні бути в межах від $\frac{1}{3000}$ до $\frac{1}{1000}$.

2.16. Якщо відносні похибки в ходах не перевищують допуски то нев'язки в приростах координат розподіляють у відповідні прирости з протилежним знаком пропорційно довжинам ліній і підраховують суми виправлених приростів координат кожного ходу. Вони повинні дорівнювати різниці координат кінцевих точок, тобто:

$$[\Delta X_{1вмт}] = X_5 - X_A \quad [\Delta Y_{1вмт}] = Y_5 - Y_A \quad (2.24)$$

$$[\Delta X_{2вмт}] = X_5 - X_B \quad [\Delta Y_{2вмт}] = Y_5 - Y_B \quad (2.25)$$

$$[\Delta X_{3вмт}] = X_5 - X_C \quad [\Delta Y_{3вмт}] = Y_5 - Y_C \quad (2.26)$$

2.17. За виправленими приростами координат і вихідними координатами точок теодолітних ходів обчислюють координати всіх точок ходів. Контролем правильності обчислення координат точок є сходимість координат вузлової точки X_5 і Y_5 .

Питання для самоперевірки

1. Що таке вузлова точка ходу?
2. Скільки вузлових точок у ході може бути?
3. На яких нормативно-правових актах базується врівноваження ходів полігонометрії ?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3

ВРІВНОВАЖЕННЯ ВИСОТНОЇ ЛОКАЛЬНОЇ ГЕОДЕЗИЧНОЇ МЕРЕЖІ

Мета роботи: навчитись виконувати врівноваження локальних геодезичних мереж.

Обладнання: журнал вихідних даних ходу висотної геодезичної мережі, схема ходу висотної геодезичної мережі, спеціалізоване програмне забезпечення, або калькулятор.

Завдання . Виконати врівноваження мережі нівелірних ходів вручну.

1. Врівноваження системи нівелірних ходів з однією вузловою точкою виконують в такій послідовності:

1.1.Складають схему нівелірних ходів (рис. 3.1), нумерують ходи і стрілками показують напрями нівелювання.

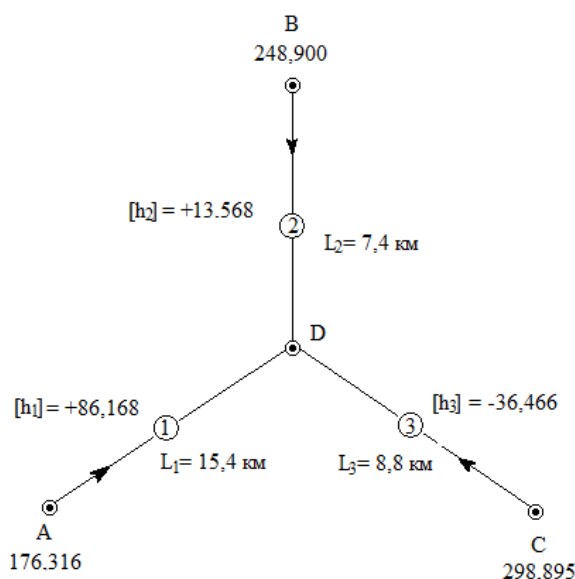


Рисунок 3.1 – Схема нівелірних ходів з однією вузловою точкою

1.2. На схему виписують суми перевищень по кожному ходу $[h_1]$, $[h_2]$ і $[h_3]$, довжини окремих нівелірних ходів в кілометрах L_1 , L_2 і L_3 і відмітки вихідних точок H_A , H_B і H_C .

1.3. Визначають величини нев'язок в перевищеннях по найбільш коротких ходах, включаючи усі перевищення. Наприклад: від точки А до точки В і від точки В до точки С (рис. 3.1). Якщо нев'язки не перевищують допуски існуючих інструкцій, то ходи врівноважують. Наприклад, для схеми нівелірних ходів, маємо такі вихідні дані:

$$\begin{array}{lll}
 H_A = 176,316 + 2N_m & H_B = 248,900 + 2N_m & H_C = 298,895 + 2N_m \\
 \sum h_i^1 = [h_1] = +86,168_m & \sum h_i^2 = [h_2] = +13,566_m & \sum h_i^3 = [h_3] = -36,466_m \\
 L_1 = 15,4 + N_{км} & L_2 = 7,4 + N_{км} & L_3 = 8,8 + N_{км}
 \end{array}$$

Де N – значення видане викладачем.

2. Процес обробки польових вимірювань

2.1. Обчислюють висоти вузлової точки для кожного ходу за формулами і записують їх в графу 2 таблиці 3.1.:

$$\begin{aligned}
 H'_д &= H_A + \sum h_i^1 \\
 H''_д &= H_B + \sum h_i^2 \\
 H'''_д &= H_C + \sum h_i^3
 \end{aligned} \tag{3.1}$$

Таблиця 3.1 – Врівноваження системи нівелірних ходів з одною вузловою точкою

Номер ходу	H', м	L км	P	ε, мм	εP, мм	ε ² P	V, мм	PV, мм	PV ²
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	176,316	15,4	0,649	55	35,714	1964,286	-0,027	-0,018	0
2	248,9	7,4	1,351	39	52,703	2055,405	-0,011	-0,015	0
3	298,895	8,8	1,136	0	0	0	0,028	0,032	0,001
H ₀	262,429								
$\frac{\sum(\epsilon P)}{1000\sum(P)}$	0,028								
H _{Дконтроль}	262,457								
H _д	262,457	∑	3,137	94,000	88,417	4019,691	-0,010	-0,001	0,001
h ₁	86,168	H' _д	262,484						
h ₂	13,568	H'' _д	262,468						
h ₃	-36,466	H''' _д	262,429						

2.2. Ваги ліній обчислюють за формулою

$$P = \frac{C}{n} \tag{3.2}$$

де C – постійний коефіцієнт, його беруть кратним 10 з таким розрахунком, щоб вага лінії, як правило, знаходилася в межах від 1 до 10;

n – число штативів в даній лінії. Якщо число штативів на 1 км ходу приблизно однакове для всіх ліній системи, то ваги ліній обчислюють за формулою

$$P = \frac{C}{L} \quad (3.3)$$

де L – довжина лінії в км.

Ваги обчислюють за формулами та записують (графа 4 табл. 3.1):

$$P_1 = \frac{10}{L_1}; \quad P_2 = \frac{10}{L_2}; \quad P_3 = \frac{10}{L_3} \quad (3.4)$$

2.3. Обтирається найменше значення H_D із усіх ходів та позначаємо його як H_0 (графа 2 табл. 3.1).

2.4. Знаходиться відхилення значень висоти точок H_0 від висоти точки H_D усіх ходів (графа 5).

$$\begin{aligned} \varepsilon_1 &= H'_D - H_0 \\ \varepsilon_2 &= H''_D - H_0 \\ \varepsilon_3 &= H'''_D - H_0 \end{aligned} \quad (3.5)$$

Далі виконуються допоміжні розрахунки за формулами та заносяться у графу 6 та 7 таблиці 3.1:

2.5. Обчислюють найімовірніше значення відмітки вузлової точки D 2 рази, по 2 формулам

$$H_D = \frac{H'_D P_1 + H''_D P_2 + H'''_D P_3}{P_1 + P_2 + P_3} = H_0 + \frac{[\varepsilon P]}{1000[P]} \quad (3.6)$$

Контроль. Результати повинні бути ідентичні (графа 2 табл. 3.1).

Обчислюють поправки в перевищення для кожного ходу (графа 8) за формулами:

$$V_1 = H_D - H'_D; \quad V_2 = H_D - H''_D; \quad V_3 = H_D - H'''_D \quad (3.7)$$

Виконуються допоміжні розрахунки та записуємо у графу 9 та 10.

2.6. **Контроль:** точність проміжних вимірювань

$$[PV^2] = [\varepsilon^2 P] - \frac{[\varepsilon P]^2}{[P]} \quad (3.8)$$

2.7. Виконують оцінку точності. Обчислюють середні квадратичні похибки.

а) одиниці ваги μ :

$$\mu = \sqrt{\frac{[PV^2]}{n-1}}, \quad (3.9)$$

де n – число ходів в системі

б) середню квадратичну похибку найімовірнішого значення відмітки H_d

$$M = \frac{\mu}{\sqrt{[P]}} \quad (3.10)$$

в) середню квадратичну похибку нівелювання на 1 км ходу:

$$m_{\text{км}} = \frac{\mu}{\sqrt{C}} \quad (3.11)$$

2.8. Обчислюють відмітки всіх точок нівелірних ходів.

Для цього кожний хід врівноважують, як окремий хід між двома твердими реперами. Величини поправок для кожного ходу розподіляють з протилежним знаком пропорційно довжинам секцій у ході.

Питання для самоперевірки

1. Чим відрізняється висотна геодезична мережа від планової?
2. Скільки вузлових точок у висотному ході може бути?
3. На яких нормативно-правових актах базується врівноваження ходів висотної геодезичної мережі ?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 4

РЕКОНСТРУКЦІЯ ЦЕНТРУ ПУНКТІВ ЛОКАЛЬНОЇ ГЕОДЕЗИЧНОЇ МЕРЕЖІ

Мета роботи: навчитись виконувати пошук центрів пунктів локальних геодезичних мереж.

Обладнання: калькулятор, .

Завдання. Розшук центра пункту за двома опорними пунктами (далі - *ОРП*), що збереглися.

Таблиця 4.1 – Координати пунктів з каталогу координат геодезичних пунктів

Пункт	Координата X	Координата Y
ОРП-1	554 678 76,35	353 457 009,4
ОРП-2	554 681 25,35	353 457 051,3
P_0	554 680 3,873	353 457 487

Якщо на місцевості збереглися два *ОРП* і між ними є взаємна видимість, то розшук центра пункту проводиться в такому порядку. За значеннями дирекційних кутів і відстаней від *ОРП-1* і *ОРП-2* до втраченого пункту P_0 (рис. 4.1), які обираються з каталогу координат геодезичних пунктів, обчислюють координати обох *ОРП*, а потім дирекційний кут напрямку між ними та кути γ і β .

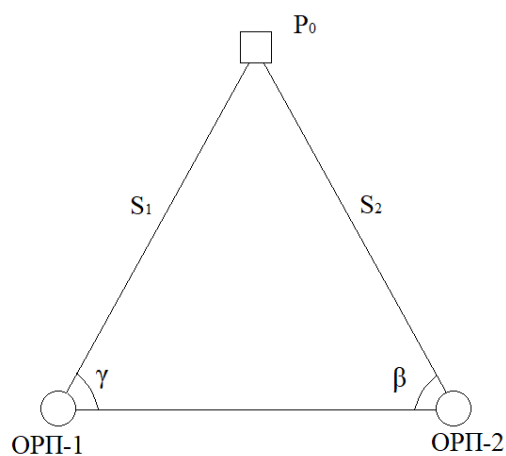


Рисунок 4.1 – Схема засічки для відновлення центру пункту локальної геодезичної мережі

Кути γ і β розраховуються за формулами:

$$\gamma = \alpha_{ОРП1-ОРП2} - \alpha_{ОРП1-Р0} \quad (4.1)$$

$$\beta = \alpha_{ОРП2-Р0} - \alpha_{ОРП2-ОРП1} \quad (4.2)$$

Після розрахунку значень кутів γ і β за допомогою теодоліта на *ОРП-1* будується кут γ , беручи за початковий напрямок на *ОРП-2*, і знаходимо напрямок з *ОРП-1* на пункт P_0 . Відкладаючи вздовж цього напрямку відстань S_1 знаходять положення пункту P_0 . Для контролю на *ОРП-2* за допомогою теодоліта будується кут β і за відстанню S_2 повторно для контролю знаходиться положення пункту P_0 .

Точне положення центру визначається багаторазовими вимірюваннями з урахування допустимих значень похибки положення центру.

Питання для самоперевірки

1. Дайте розгорнуте визначення поняття «Реконструкція».
2. Особливості відновлення супутникових геодезичних мереж?
3. На яких нормативно-правових актах базується реконструкція геодезичних мереж

ЗАВДАННЯ ДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

Індивідуальне завдання до практичної роботи № 1. Виконати аналіз відмінностей процедури створення проєкту державної геодезичної мережі від локальної геодезичної мережі. Відповідь оформити на аркушах формату А4 з посиланнями на офіційну нормативно-правову документацію.

Індивідуальне завдання до практичної роботи № 2. Вирішення завдання врівноваження мережі полігонометричних ходів, використовуючи програмні засоби, користуючись консультаціями викладача та вихідними даними, що були отримані за допомогою супутникових технологій. В якості програмного забезпечення можна використовувати: Microsoft Excel; Digital; AutoCAD Civil 3D.

Індивідуальне завдання до практичної роботи № 3. Вирішення завдання врівноваження мережі нівелірних ходів, використовуючи програмні засоби, користуючись консультаціями викладача та вихідними даними, що були отримані за допомогою супутникових технологій. В якості програмного забезпечення можна використовувати: Microsoft Excel, AutoCAD Civil 3D.

Індивідуальне завдання до практичної роботи № 4. Проаналізувати нормативну документацію з реконструкції геодезичних мереж в сучасних умовах геодезичної діяльності та зробити звіт по результатам аналізу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Геодезія. Частина II: Полігонометрія 4-го класу, 1-го та 2-го розрядів : метод. вказівки до вик. сам. студентами напр. 6.080101 «Геодезія, картографія, землеустрій» / О. А. Лагоднюк, А. В. Прокопчук, С. М. Трохимець, Р. С. Німкович. – Рівне : НУВГП, 2013. – 62 с.

2. Про затвердження Інструкції з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500 [Електрон. ресурс] : Наказ Головного управління геодезії, картографії та кадастру при Кабінеті Міністрів України від 09.04.1998 № 56, із змінами, внесеними згідно з Наказом Укргеодезкартографії від 27.07.1999 № 90 (z0653-99). – Електрон. текст. дані. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0393-98#Text>, вільний (дата звернення : 16.01.2023). – Назва з екрана.

3. Інструкція з обстеження та оновлення пунктів Державної геодезичної мережі України [Електрон. ресурс] : Наказ Головного управління геодезії, картографії та кадастру України від 29.02.2000 № 23. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу : https://gki.com.ua/files/uploads/documents/Norms/Ukrgeodesykart_norms/Inst_z_obstehh_DGM_23.pdf, вільний (дата звернення : 16.01.2023). – Назва з екрана.

4. Грабовий В. М. Геодезія : навч. посіб. / В. М. Грабовий. – Житомир : ЖДТУ, 2004. – 455 с.

Електронне навчальне видання

Методичні рекомендації
до проведення практичних занять
і організації самостійної роботи
з навчальної дисципліни

«СТВОРЕННЯ ТА РЕКОНСТРУКЦІЯ ЛОКАЛЬНИХ ГЕОДЕЗИЧНИХ МЕРЕЖ»

*(для здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти денної та
заочної форм навчання зі спеціальності 193 – Геодезія та землеустрій)*

Укладачі: **КУХАР** Максим Анатолійович,
МАСЛІЙ Любов Олексіївна

Відповідальний за випуск *К. А. Мамонов*
За авторською редакцією
Комп'ютерне верстання *М. А. Кухар*

План 2022, поз. 491М

Підп. до друку 01.05.2023. Формат 60 × 84/16.
Ум. друк. арк. 1,8

Видавець і виготовлювач:
Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002.
Електронна адреса: office@kname.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 5328 від 11.04.2017.