МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до проведення лабораторних занять
і організації самостійної роботи
з навчальної дисципліни

«ГЕОДЕЗІЯ»
Змістовий модуль 2
Основи топографічного моделювання

(для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти зі спеціальності 193 – Геодезія та землеустрій)

Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2024

Методичні рекомендації до проведення лабораторних занять і організації самостійної роботи з навчальної дисципліни «Геодезія». Змістовий модуль 2 Основи топографічного моделювання (для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти зі спеціальності 193 – Геодезія та землеустрій) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. М. А. Кухар. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2024. – 42 с.

Укладач канд. техн. наук М. А. Кухар

Рецензент

К. А. Мамонов, доктор економічних наук, професор, завідувач 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 28 серпня 2023 р.

ЗМІСТ

Вступ……..……..... 4

Лабораторна робота № 4 Форми рельєфу……...……..…….. 5

Лабораторна робота № 5 Моделі рельєфу ……..……..……. 16

Лабораторна робота № 6 Структура топографічних карт……..…..…. 20

Лабораторна робота № 7 Розв’язання задач із координатами…….…….. 38

Список рекомендованих джерел…….. 41

ВСТУП

Дисципліна «Геодезія» є нормативною дисципліною професійного спрямування для студентів спеціальності 193 – Геодезія та землеустрій.

Вона є базовою для подальшого вивчення більш вузьких дисциплін підготовки фахівців цього напряму.

Методичні рекомендації містять завдання до лабораторних і розрахунково-графічних робіт. До кожної лабораторної роботи наведено рекомендації до виконання завдань з прикладами, а також дається посилання на додаткову літературу для самостійної роботи.

Основним завданням, яке має бути вирішено при виконанні лабораторних робіт – є закріплення та використання на практиці теоретичних знань, формування у студентів навичок роботи з планами й картами, вміння читати карту й розв’язувати різноманітні задачі, які постають на виробництві перед фахівцями з геодезії, картографії та землеустрою.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4
ФОРМИ РЕЛЬЄФУ

Мета роботи: ознайомитись з поняттям про топографічні поверхні, проєкцію з числовими позначками (ПЧП) та цифрову модель рельєфу (ЦМР), навчитись моделювати рельєф за допомогою інтерполювання аналітичним та графічним методом.

Обладнання: палетка, вимірювач, аркуші паперу, калькулятор.

Пояснення до виконання роботи. У роботі № – це номер варіанта за списком. Завдання виконуються послідовно; вказується текст завдання та формули для розрахунків, якщо вони використовуються; відповіді та розрахунки проводяться за варіантом у виділеному для цього місці – після тексту завдання. Рекомендації до виконання завдань та приклади слугують лише для ознайомлення з особливостями процесу виконання завдань та послідовністю розрахунків цих завдань.

Завдання 1. Побудувати ПЧП за квадратами на базі матриці в масштабі 1:1 000:

№	Висоти					№	Висоти					№	Висоти				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	12,6	13,1	14,5	15,1	18	4	13,1	13,6	15	15,6	18,5	15	17,1	17,6	19	19,6	22,5
	13,1	14,2	16,5	17,4	18,5		13,6	14,7	17	17,9	19		17,6	18,7	21	21,9	23
	14,2	16,6	17	18,9	17,2		14,7	17,1	17,5	19,4	17,7		18,7	21,1	21,5	23,4	21,7
	16,1	17,2	18	17,3	16,4		16,6	17,7	18,5	17,8	16,9		20,6	21,7	22,5	21,8	20,9
2	13,6	13,6	15	16,1	18,5	3	13,4	13,6	15,5	16,1	18,5	16	17,6	17,6	20,5	20,1	22,5
	14,1	14,7	17	18,4	19		13,9	14,7	17,5	18,4	19		18,1	18,7	22,5	22,4	23
	15,2	17,1	17,5	19,9	17,7		15	17,1	18	19,9	17,7		19,2	21,1	23	23,9	21,7
	17,1	17,7	18,5	18,3	16,9		16,9	17,7	19	18,3	16,9		21,1	21,7	24	22,3	20,9
5	13,6	14,1	15,5	17,1	19	7	13,6	15,1	16,5	17,2	19,4	17	18,7	17,6	20,5	20,1	23
	14,1	15,2	17,5	19,4	19,5		14,1	16,2	18,5	19,5	19,9		19,2	18,7	22,5	22,4	23,5
	15,2	17,6	18	20,9	18,2		15,2	18,6	19	21	18,6		20,3	21,1	23	23,9	22,2
	17,1	18,2	19	19,3	17,4		17,1	19,2	20	19,4	17,8		22,2	21,7	24	22,3	21,4
6	14	15,1	15,9	17,2	19,4	8	15,6	16,1	17,5	19,1	20	18	19,6	20,1	21,7	22,1	25
	14,5	16,2	17,9	19,5	19,9		16,1	17,2	19,5	21,4	20,5		20,1	21,2	23,7	24,4	25,5
	15,6	18,6	18,4	21	18,6		17,2	19,6	20	22,9	19,2		21,2	23,6	24,2	25,9	24,2
	17,5	19,2	19,4	19,4	17,8		19,1	20,2	21	21,3	18,4		23,1	24,2	25,2	24,3	23,4

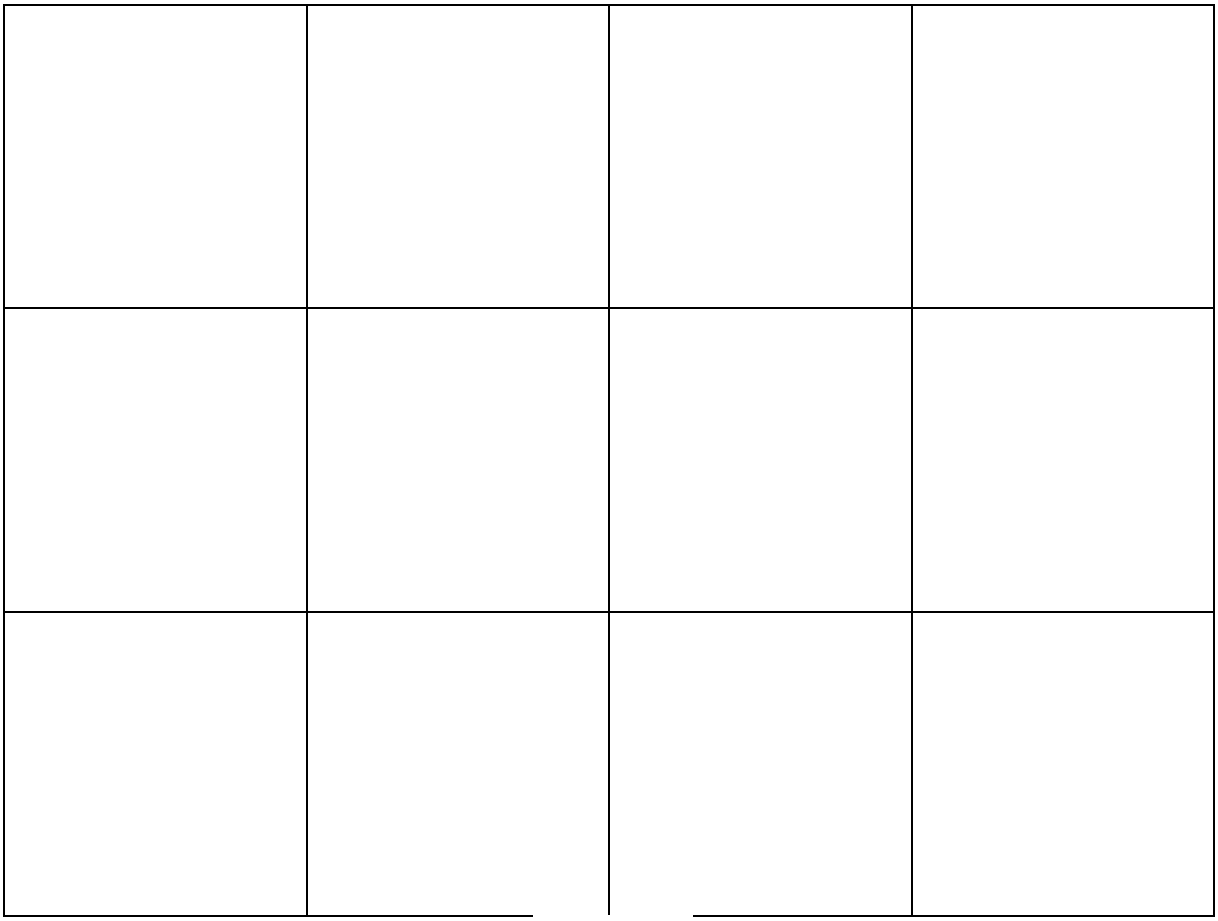
№	Висоти					№	Висоти					№	Висоти				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
9	18,6	20,1	21,7	22,1	25	10	20,3	20,8	22,2	22,8	25,7	19	19,6	20,1	21,7	23,1	25
	19,1	21,2	23,7	24,4	25,5		20,8	21,9	24,2	25,1	26,2		20,1	21,2	23,7	25,4	25,5
	20,2	23,6	24,2	25,9	24,2		21,9	24,3	24,7	26,6	24,9		21,2	23,6	24,2	26,9	24,2
	22,1	24,2	25,2	24,3	23,4		23,8	24,9	25,7	25	24,1		23,1	24,2	25,2	25,3	23,4
11	22,6	24,1	25,5	26,1	28	13	22,3	22,8	24,2	26,1	28	20	20,3	20,8	22,2	24,1	27
	23,1	25,2	27,5	28,4	28,5		22,8	23,9	26,2	28,4	28,5		20,8	21,9	24,2	26,4	27,5
	24,2	27,6	28	29,9	27,2		23,9	26,3	26,7	29,9	27,2		21,9	24,3	24,7	27,9	26,2
	26,1	28,2	29	28,3	26,4		25,8	26,9	27,7	28,3	26,4		23,8	24,9	25,7	26,3	25,4
12	16,9	17,4	17,8	18,4	21,3	14	17,9	16,4	17,8	18,4	23	21	23,4	22,9	24,5	25,1	26,8
	17,4	17,5	19,8	20,7	21,8		16,4	17,5	19,8	20,7	23,5		22,9	23	26,5	27,4	27,3
	18,5	19,9	21,3	22,2	20,5		17,5	19,9	21,3	22,2	22,2		21	24,4	26	28,9	26
	19,4	20,5	21,3	20,6	19,7		19,4	20,5	20,3	21,6	21,4		24,9	26	28	27,3	25,2
5	15,6	14,1	15,5	17,1	19	7	14,6	16,1	17,5	17,2	19,4	17	19,7	17,6	19,5	20,1	23
	14,1	15,2	17,5	19,4	19,5		15,1	16,2	18,5	19,5	19,9		18,2	18,7	21,5	22,4	23,5
	13,2	17,6	19	20,9	18,2		16,2	18,6	20	21	18,6		20,3	21,1	22	23,9	22,2
	16,1	18,2	18	18,3	17,4		17,1	19,2	20	19,4	17,8		22,2	21,7	23	22,3	21,4
11	23,6	24,1	25,5	26,1	28	13	21,3	22,8	24,2	26,1	28	20	22,3	22,8	21,2	24,1	27
	21,1	23,2	27,5	28,4	28,5		21,8	23,9	26,2	28,4	28,5		22,8	23,9	23,2	26,4	27,5
	24,2	26,6	27	29,9	27,2		21,9	26,3	26,7	29,9	27,2		21,9	24,3	24,7	27,9	26,2
	26,1	28,2	28	28,3	26,4		21,8	24,9	25,7	26,3	26,4		20,8	22,9	25,7	26,3	25,4

М 1:1 000

Завдання 2. Визначити сліди перетину горизонталей відповідної висоти з ребрами ПЧП в масштабі 1:1 000. Висота перерізу рельєфу 1 м.

Завдання 3. Визначити сліди перетину горизонталей відповідної висоти з діагоналями в ПЧП в масштабі 1:1 000. Висота перерізу рельєфу 1 м.

Завдання 4. За отриманою ЦМР побудувати горизонталі за допомогою графічного інтерполювання в масштабі 1:1 000. Висота перерізу рельєфу 1 м.



М 1:1 000

Завдання 5. Виконати аналітичне інтерполювання за 5 ребрами ПЧП.

№ з/п	Схема	Похідні дані	Результат
1	2	3	4
1			
2			

1	2	3	4
3			
4			
5			

Рекомендації до виконання завдань. Відомо, що положення точки в просторі визначається її прямокутними координатами. Побудова проєкції фігури на дві або три площини проєкцій можлива лише тоді, коли величини координат точок фігури істотно не різняться між собою, тобто коли вертикальні та горизонтальні розміри її приблизно однакові.

Якщо ж виникає необхідність зображення фігури, горизонтальні розміри якої набагато перевищують вертикальні, то система трьох площин проєкцій виявиться досить незручною у користуванні, оскільки з трьох заданих координат точок фігури практично випадають значно менші за величиною координати Z і положення фігури у просторі стане невизначеним.

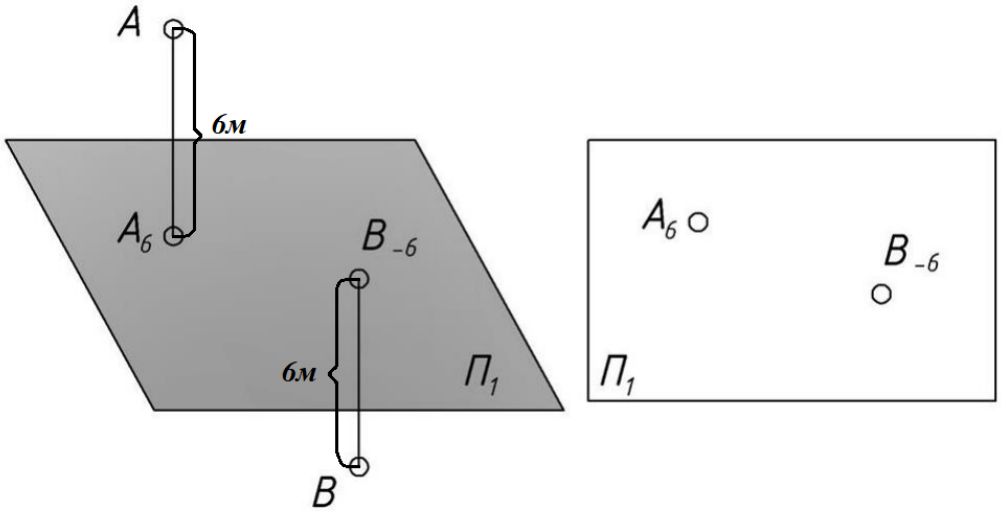
До таких об’єктів належать об’єкти вертикального планування – це ділянки землі з різними спорудами на ній: лотками для стоку води, будівельними майданчиками, котлованами.

Для визначення цього положення заміняють побудову проєкцій вертикальних величин фігури на числові позначки, які проставляють на горизонтальній площині біля проєкцій точок і вказують, на якій відстані від площини проєкцій лежить дана точка фігури. Позначки показують перевищення точок над горизонтальною площиною проєкцій. При проєктуванні земної

поверхні за абсолютний нульовий рівень приймають постійний рівень води в Балтійському морі. Інколи використовують умовний нульовий рівень. При цьому всі точки, розміщені вище площини, прийнятої за умовний нульовий рівень, позначають зі знаком «+», а точки, розміщенні нижче площини, позначають зі знаком «-». Знак «+» часто не проставляють.

Проєкції з числовими позначками виконують у заданому масштабі на основі прямокутного проєктування на одну площину проєкцій, за яку здебільшого приймають горизонтальну площину проєкцій.

На рисунку 1, а зображено наочно точки, розміщені над і під площиною $П_1$. На проєкції (рис. 1, б) ставлять числові позначки поруч з горизонтальними проєкціями у вигляді індексів, що вказує на відстань від точки $П_1$ (як правило в метрах) і вважається числовою позначкою.

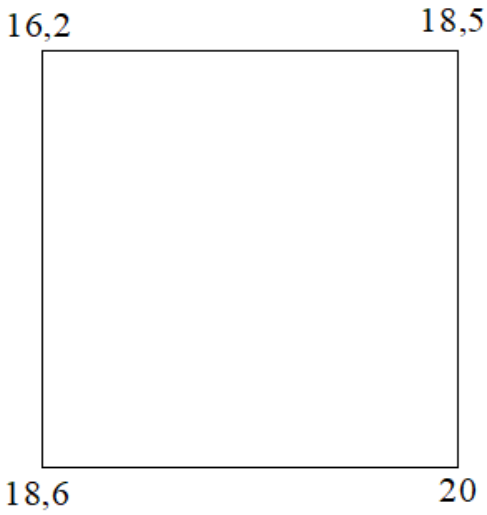


а б

Рисунок 1 – Точки на ПЧП

Приклад. Побудувати ПЧП за квадратом:

16,2	18,5
18,6	20



Метод горизонталей. Горизонталь – лінія на карті, що з'єднує точки з рівними висотами.

Уявімо собі перетин поверхні Землі горизонталлю по поверхні паралельній деякій рівній поверхні, прийнятій за початок відліку абсолютних висот. Нехай відстань від нульової рівневої поверхні до площини АВ дорівнює h. Спроєктуємо отриманий перетин на площину Р, отримаємо замкнену криву, яка характеризує рельєф по АВ на висоті h від основної рівневої поверхні. Будь-яка точка на цій горизонталі матиме абсолютну позначку, рівну h.

Якщо друга січна горизонтальна поверхня розташована на висоті 2h від нульової рівневої поверхні, то отримаємо іншу горизонталь, її абсолютна відмітка буде 2h.

Висота перетину рельєфу на планах і картах встановлюється залежно від масштабу зйомки, характеру рельєфу місцевості. Чим менша висота перетину рельєфу, тим він зображується докладніше. За чинними інструкціями для топографічних планів і карт різних масштабів прийняті певні висоти перетину рельєфу залежно від типу рельєфу (табл. 1).

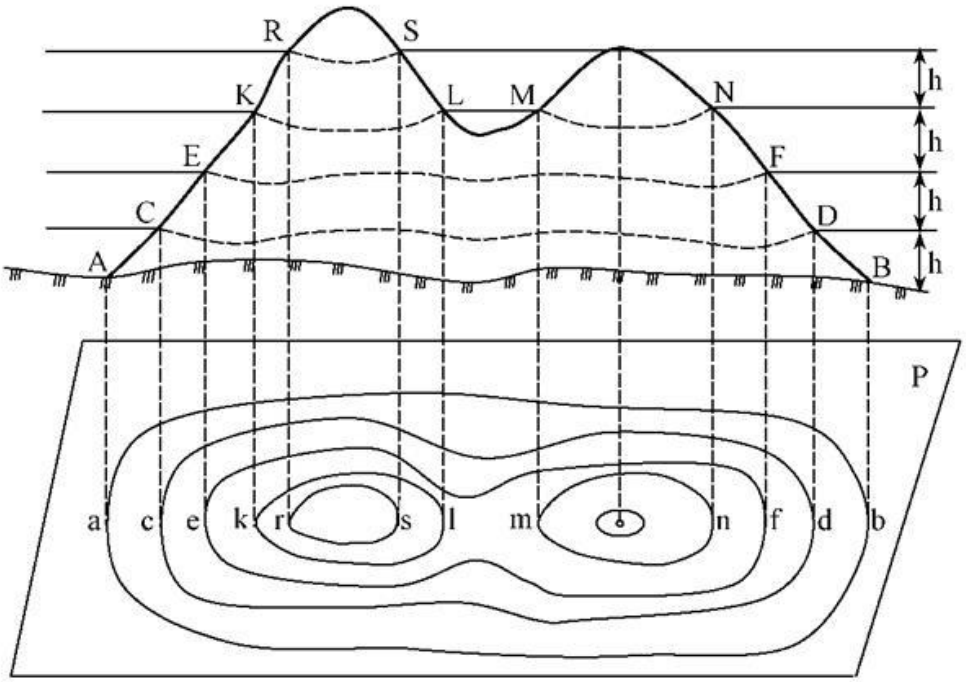


Рисунок 2 – Схема формування горизонталей

Таблиця 1 – Прийняті висоти перерізу рельєфу

Масштаб зйомки	1:500	1:1 000	1:2 000	1:5 000	1:10 000
Висота перетину рельєфу, м:					
рівнинного і пересіченого	0,5	0,5	0,5–1	1,0–2,0	2,0–-2,5
гірського і передгірного	1,0	1,0	2,0	2,0–5,0	5,0–10,0

При формуванні горизонталей необхідно знати їхні властивості:

1. Горизонталі – замкнуті лінії (можуть виходити за рамки даного плану і замикатися за його межами).

2. Горизонталі не перетинаються. Виняток – нависають (зворотні) скати.

3. Чим менше закладення горизонталей при однаковому перетині рельєфу, тим крутіший скат. Лінія, утворена найменшими закладеннями, відповідає напрямку найбільшої крутизни.

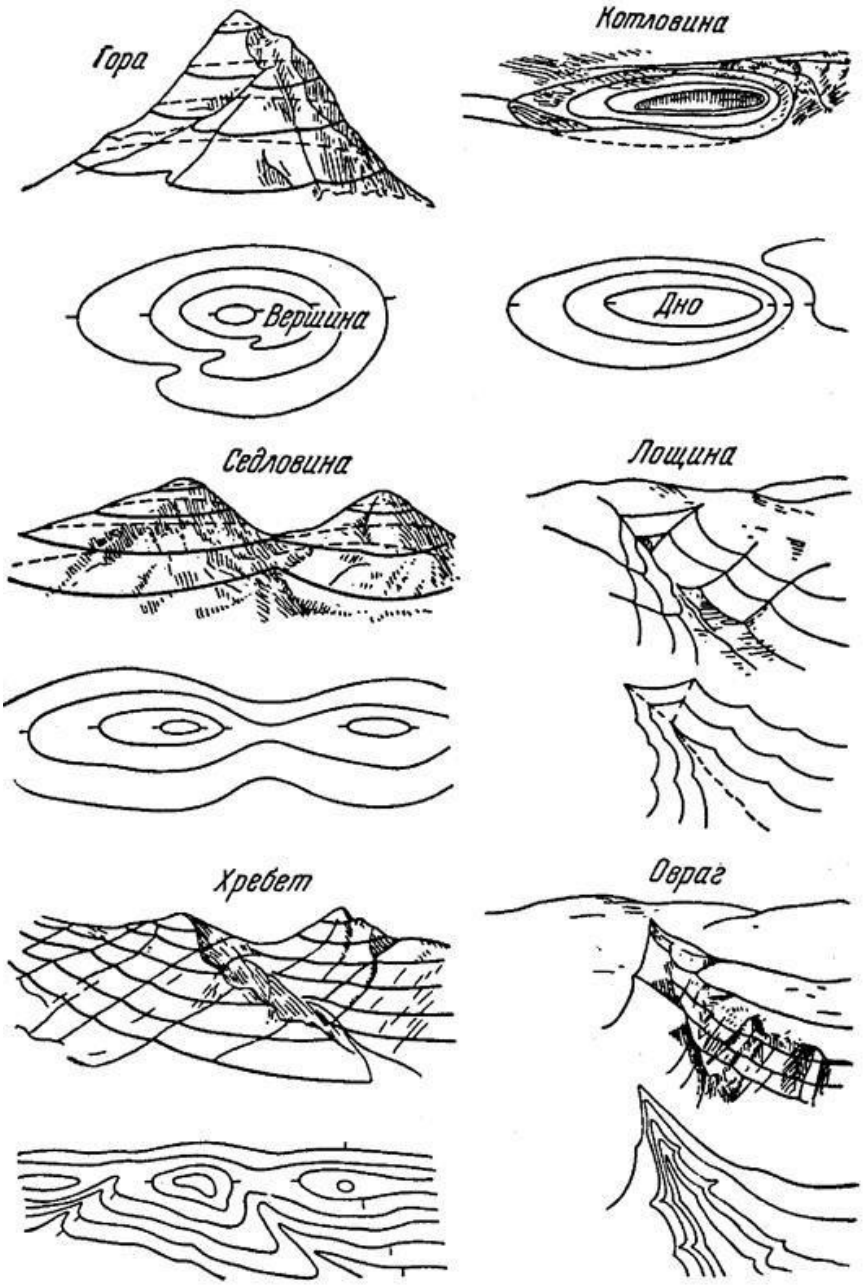


Рисунок 3 – Форми рельєфу зображені горизонталями

Для формування горизонталей, виходячи з їх властивостей, зберігають таку послідовність дій:

1. Формування ПЧП.

2. Визначити висоти горизонталей, які підлягають зображенню, та послідовність нанесення слідів горизонталей на план.

3. Визначити сліди перетину горизонталей відповідної висоти з елементами ПЧП.

4. Виконати інтерполювання графічним методом.

5. Відобразити рельєф горизонталями.

При зображенні горизонталями отримують різні форми рельєфу (рис. 3).

Для виконання інтерполювання ***графічним методом*** необхідна палетка.

Палетка становить систему паралельних ліній (масштабну сітку), проведених на прозорій основі (кальці або пластику) на рівній відстані один від одного (зазвичай 3–5 мм).

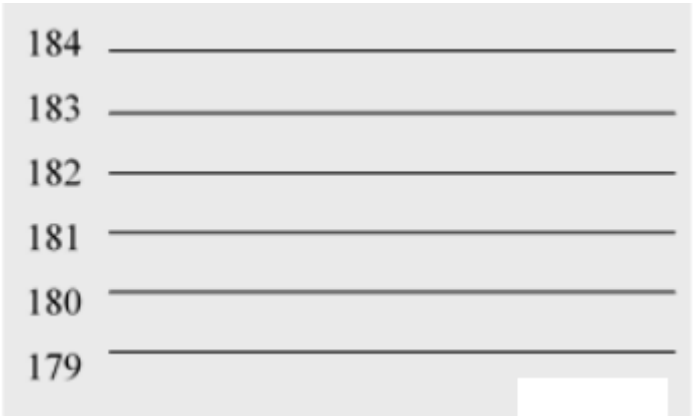


Рисунок 4 – Зображення палетки

Значення висот початкової та кінцевої ліній палетки мають відповідати мінімальній та максимальній позначкам висот на інтерпольованій ділянці.

Наприклад, необхідно провести горизонталі з висотою перерізу 1 метр між двома висотними пікетами – 180,2 м і 183,7 м (рис. 5).

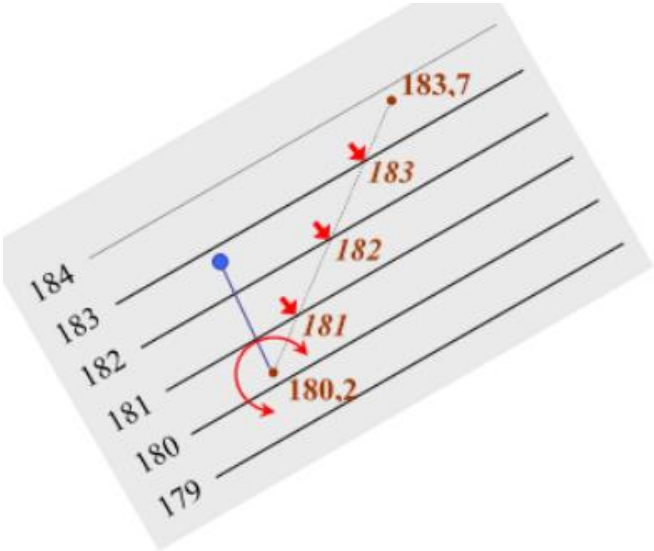


Рисунок 5 – Зображення інтерпольованої ділянки

Для зручності пікети можна з’єднувати між собою тонкою допоміжною лінією. Палетка накладається таким чином, щоб значення висоти на палетці збіглося з відміткою висоти першого інтерпольованого пікету (180,2 м).

Палетка в цій точці фіксується шпилькою і повертається навколо неї до тих пір, поки відмітка висоти другого пікету не відповідатиме відповідним значенням висоти палетки – 183,7 м. Перетин прямої, що з’єднує інтерпольовані пікети з лініями палетки, є шукані значення висот перетину горизонталей (181 м, 182 м і 183 м).

Для зручності подальшої обробки отримані значення висот перетину горизонталей акуратно наколюють шпилькою та підписують. Операція повторюється для наступної пари висотних пікетів (рис. 6).

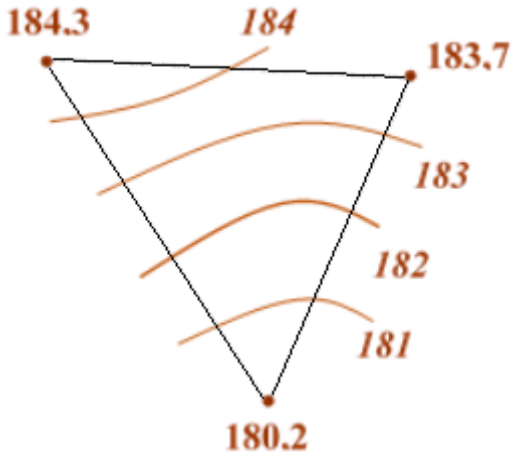


Рисунок 6 – Зображення горизонталей між трьома інтерпольованими ділянками

Перед початком робіт на ділянці карти необхідно знайти висотні пікети з максимальним і мінімальним значенням для визначення амплітуди висот і кількості ліній палетки.

Для виконання інтерполювання ***аналітичним методом*** розглянемо відрізок *ав* з таблиці. За значеннями висот точок *а* і *в* можна обчислити перевищення між ними за формулою:

$$h_{b,a} = H_a - H_b \qquad (1)$$

Знаючи значення висот горизонталей, що перетнуть лінію *ab* у точці *i*, за формулою також можна знайти перевищення між точкою *в* та іншими точками на відрізку *ав.*. Відстань від точки *в* до будь-якої точки на відрізку *ав* пропорційна величині перевищення між цими точками. Отже, можемо записати:

$$\frac{h_{a,b}}{S_{a,b}} = \frac{h_{b,i}}{S_{b,i}}, \qquad (2)$$

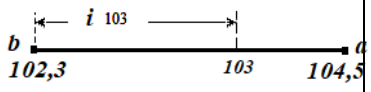
де і – номер точки на відрізку *ab*.

Звідси:

$$S_{b,i} = \frac{h_{b,i}}{h_{a,b}} S_{a,b} \qquad (3)$$

Отже, можна обчислити відстані, наприклад, від точки *в* до будь-якої горизонталі на відрізку *ва* і відкласти їх на плані за допомогою циркуля-вимірника.

Таблиця 2 – Приклад аналітичного інтерполювання

№ з/п	Схема	Похідні дані	Результат
1		$H_b = 102.3,\ H_a = 104.5,$ $H_i = 103,\ S_{ab} = 40$	$S_{bi} = \frac{0.7 \cdot 40}{2.2} = 12,7 м$

Питання для самоперевірки

1. Що таке проєкція з числовими позначками?
2. Що таке цифрова модель рельєфу?
3. Дайте визначення горизонталі.
4. Які властивості у горизонталей?
5. Що таке профіль місцевості?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5
МОДЕЛІ РЕЛЬЄФУ

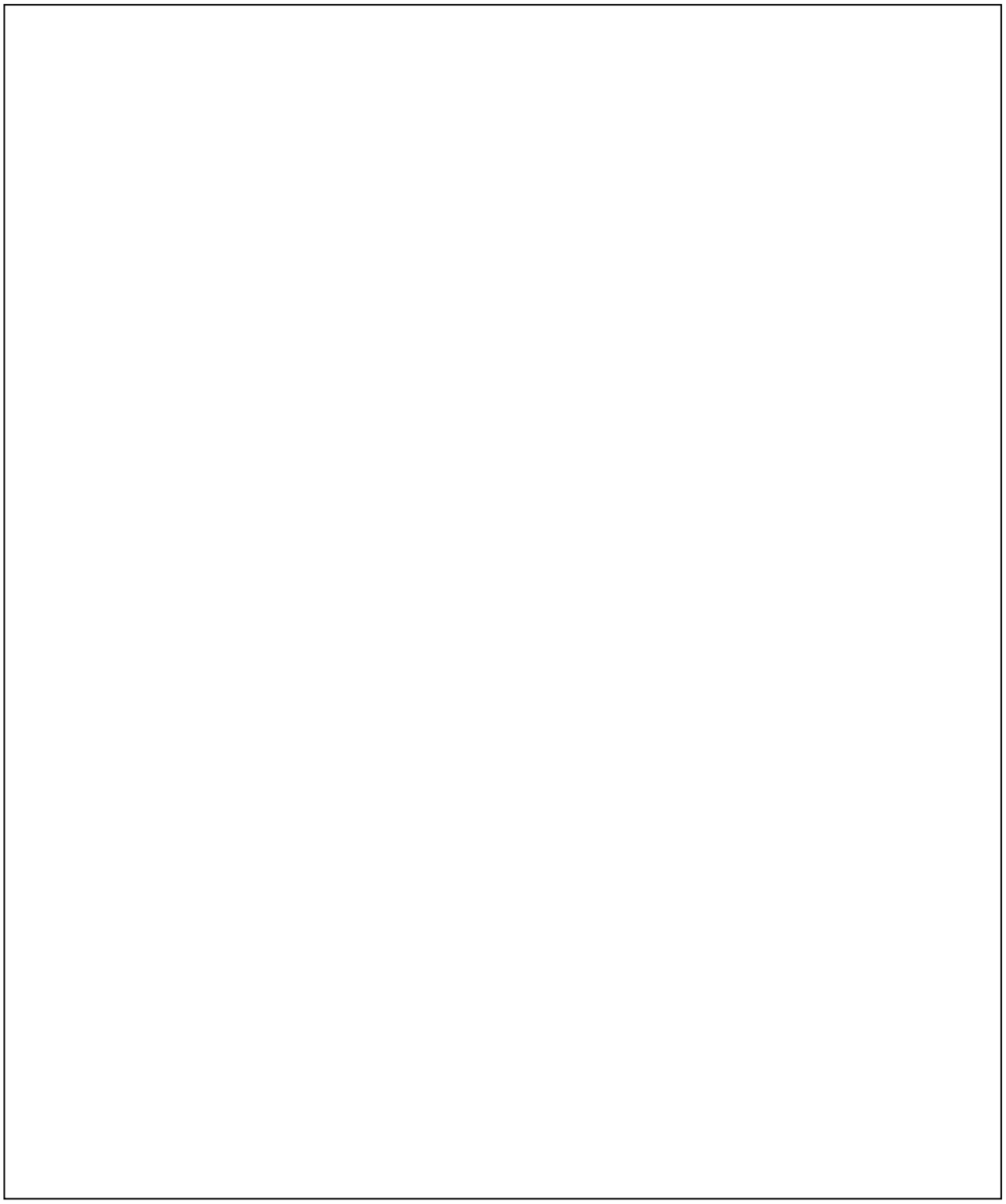
Мета роботи: навчитись будувати поздовжні профілі за ЦМР.

Обладнання: палетка, вимірювач, аркуші паперу, калькулятор.

Завдання 1. Перенести модель рельєфу із завдання 4 лабораторної роботи 4 на новий аркуш. Побудувати профіль за лінією. Лінію задає викладач.

М 1:1 000

Завдання 2. Побудувати поздовжній профіль ЦМР за лінією. Лінію задає викладач.



Рекомендації до виконання завдань. Побудова профілю місцевості за горизонталями. Лінію на карті, вздовж якої необхідно побудувати профіль місцевості, називають лінією профілю. На топографічній карті викреслюють лінію між заданими точками, наприклад, лінію між точками А і В (рис. 7.1, 7.2).

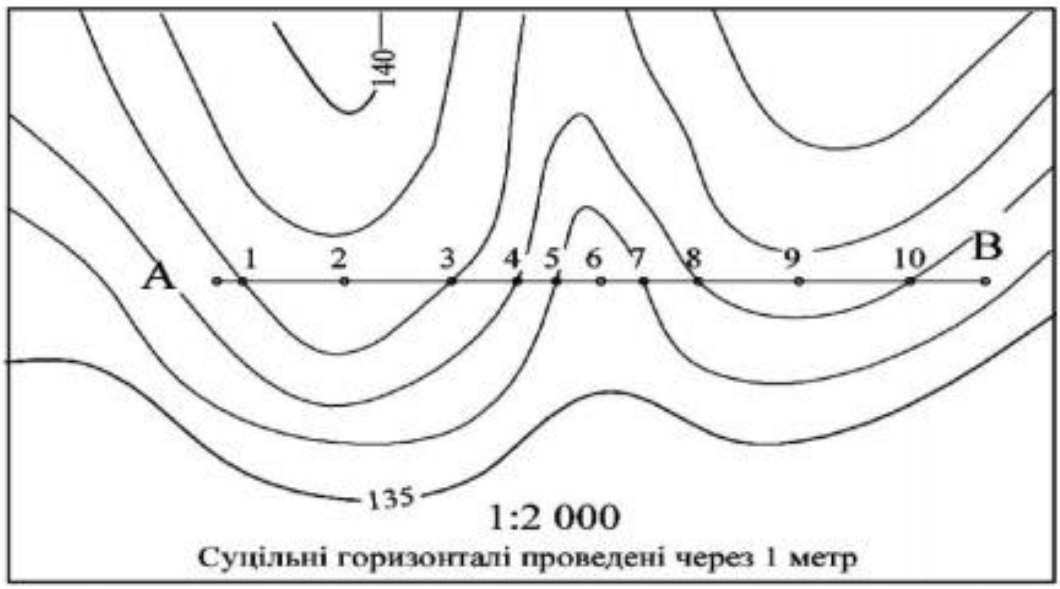


Рисунок 7.1 – Профіль місцевості за горизонталями

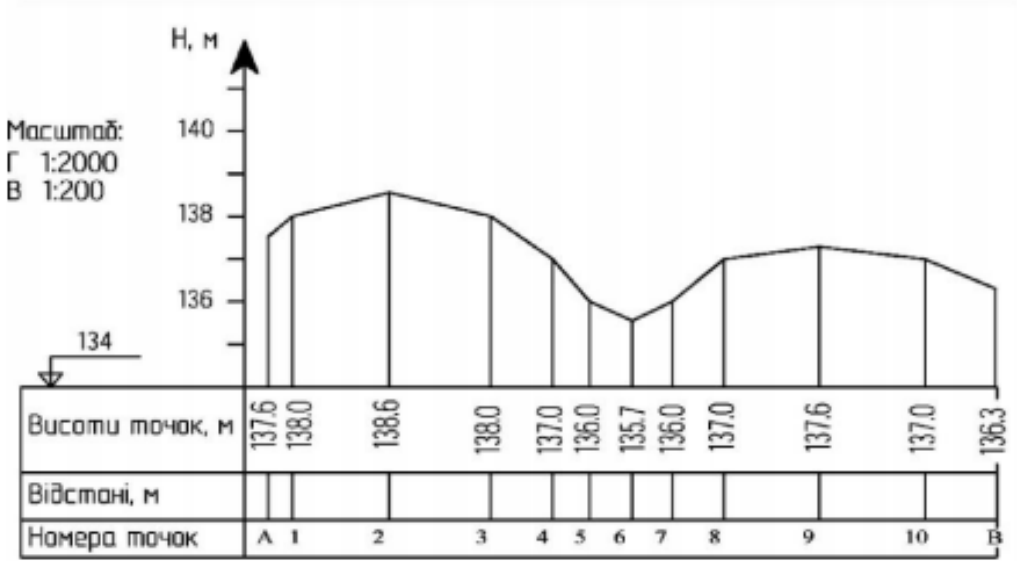


Рисунок 7.2 – Профіль місцевості за горизонталями

Для побудови профілю використовують різні масштаби горизонтальних і вертикальних довжин. У навчальному завданні горизонтальний масштаб 1:2 000 дорівнює масштабу плану, а вертикальний масштаб – 1:200.

Вихідні дані для побудови профілю заносять у сітку профілю. У рядку «Відстані» міткою позначають положення точки А, потім вимірником, зберігаючи масштаб, переносять відрізки А1, А2, А3,…АВ і мітками позначають точки 1, 2, 3,…В. За горизонталями одержують висоти точок профілю і заносять їх у відповідний рядок сітки.

Для побудови профілю треба вибрати лінію умовного горизонту (будь-яку лінію або верхню лінію сітки профілю) і присвоїти їй таке умовне значення висоти, щоб найнижча точка профілю (Hmin) відстояла від цієї лінії на 2–3 см .

На перпендикулярах до міток від лінії умовного горизонту у вертикальному масштабі відкладають висоти. Суміжні точки необхідно з`єднати прямими, внаслідок чого ламана буде становити профіль місцевості.

Питання для самоперевірки

1. Що таке проєкція з числовими позначками?
2. Що таке цифрова модель рельєфу?
3. Дайте визначення горизонталі.
4. Які властивості у горизонталей?
5. Що таке профіль місцевості?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6
СТРУКТУРА ТОПОГРАФІЧНИХ КАРТ

Мета роботи: ознайомитись зі структурою карти та основними її елементами.

Обладнання: карта, транспортир.

Пояснення до виконання роботи. У роботі № – це номер варіанта за списком. Завдання виконуються послідовно; вказується текст завдання та формули для розрахунків, якщо вони використовуються; відповіді та розрахунки проводяться за варіантом у виділеному для цього місці – після тексту завдання. Вказівки з виконання завдань та приклади слугують лише для ознайомлення з особливостями процесу виконання завдань та послідовністю розрахунків цих завдань.

Частина 1

Завдання 1. Визначити номенклатуру аркуша топографічної карти масштабу 1:М 1:1 000 000 та 1:10 000, де розташована точка **D** з відомими координатами :

B_D = 49°22`29`` + №°№`№``

L_D= 37°11`16``+ №°№`№``

1:1 000 000:_____

1:100 000: _____

1:50 000: _____

1:25 000: _____

1:10 000: _____

Завдання 2. Визначити за номенклатурою аркуша топографічної карти L-39-V масштаб карти, широти паралелей і довготи меридіанів, що обмежують цей аркуш.

Масштаб:_____

$B_{пд}$ = _____

$B_{пн}$ = _____

$L_з$= _____

$L_с$ = _____

Рекомендації до виконання завдань. Вихідними даними для визначення номенклатури карт є географічні координати точки, розміщеної в межах території окремого аркуша карти. За заданими географічними координатами точки спочатку знаходять назву пояса і номер колони, які визначають номенклатуру аркуша карти масштабу 1:1 000 000, що включає цю точку (рис. 8).

Аркуші карт із заданою точкою, але більших масштабів, знаходять через поділ аркуша карти масштабу 1:1 000 000.

Розграфлення – це система поділу карт на аркуші за певним законом.

Номенклатура – це система позначення окремих аркушів карти.

Розміри і номенклатура окремих аркушів топографічних карт і планів наведені в таблиці 3.

Таблиця 3 – Розміри і номенклатура окремих аркушів топографічних карт

Масштаби	Аркушів	Розмір аркушів		Позначення аркушів	Приклад
		за довготою	за широтою		
За основу розграфлення прийнятий аркуш масштабу 1:1 000 000					
1:100 000	1	6º	4º		N–34
1:500 000	4	3º	2º	А, Б, В	N–34–В
1:200 000	36	1º	40'	I,…, XXXVI	M–37– XXXVI
1:100 000	37	30'	20'	1, 2,…, 37	N–34–37
За основу розграфлення прийнятий аркуш масштабу 1:100 000					
1:100 000	1	30'	20'		N–34–37
1:50 000	4	15' 30	10'	А, Б, В	N–34–37–В
1:25 000	16	7' 30	5'	а, б, в	N–34–37–В–в
1:10 000	64	3' 45"	2' 30"	1, 2, 3, 4	M–37–144–Г–б–1
1:5 000	256	1' 52,5"	1' 15"	1, 2…, 256	M–37–144– (256)
1:2 000	2204	37,5"	25"	а, б, в,…, і	M–37–144– (256–г)

Щоб визначити номер колони, задану довготу точки збільшують до числа градусів, кратного шести, і ділять на шість. Отримують номер зони. До номера зони додають 30 одиниць. Результат і буде шуканим номером колони.

Приклад. Задані географічні координати точки, розміщеної на території Харківської області: широта B = 49°23'18", довгота L = 37°13'25". Потрібно визначити номенклатуру та географічні координати кутів аркуша карти масштабу 1:10 000, у якому розташована задана точка.

Широта північної паралелі, що кратна 4, але більша ніж 49°23'18", буде дорівнювати 52°. Номер пояса, отриманий від ділення 52° на 4, дорівнює 13. Йому відповідає буква *M* латинського алфавіту (рис. 8, а).

Довгота східного меридіана, кратна 6 і більша ніж 37°13'25", становить 42°. Знаходимо номер зони: $N_з = 42 / 6 = 7$.

Знаходимо номер колони: $N_k = 7 + 30 = 37$.

Таким чином, аркуш карти масштабу 1:1 000 000, у межах якого розташована задана точка, має номенклатуру M-37 (рис. 8, а).

Визначаємо номенклатуру аркуша карти масштабу 1:100 000. Якщо розділити аркуш карти M–37 на 144 частини і підписати лінії поділу через 20' за широтою та 30′ за довготою, то визначимо, що задана точка з координатами B = 49°23' та L = 37°13' розміщена в межах 87-го аркуша карти масштабу 1:100 000 (рис. 8, б). Отже, аркуш карти масштабу 1:100 000, у межах якого розташована задана точка, має номенклатуру M–37–87.

Розділивши цей аркуш на чотири частини і позначивши довготу та широту лінії поділу, вибираємо ту трапецію, у якій вона розміщена (рис. 8, в). Отримуємо аркуш карти масштабу 1:50 000, у межах якого розташована задана точка. Він має номенклатуру M–37–87–В (рис. 8, в).

Аналогічно шляхом поділу цього аркуша на чотири частини отримуємо географічні координати кутів аркуша масштабу 1:25 000. Точка із заданими координатами буде розміщена на аркуші карти масштабу 1:25 000, який має номенклатуру M–37–87–В–г (рис. 8, г).

Розділивши аркуш карти масштабу 1:25 00 на чотири частини, визначити

географічні координати поділу і місця розташування точки із заданими на аркуші. Його номенклатура буде М–37–87–В–г–2, масштаб 1:10 000 (рис. 8, д).

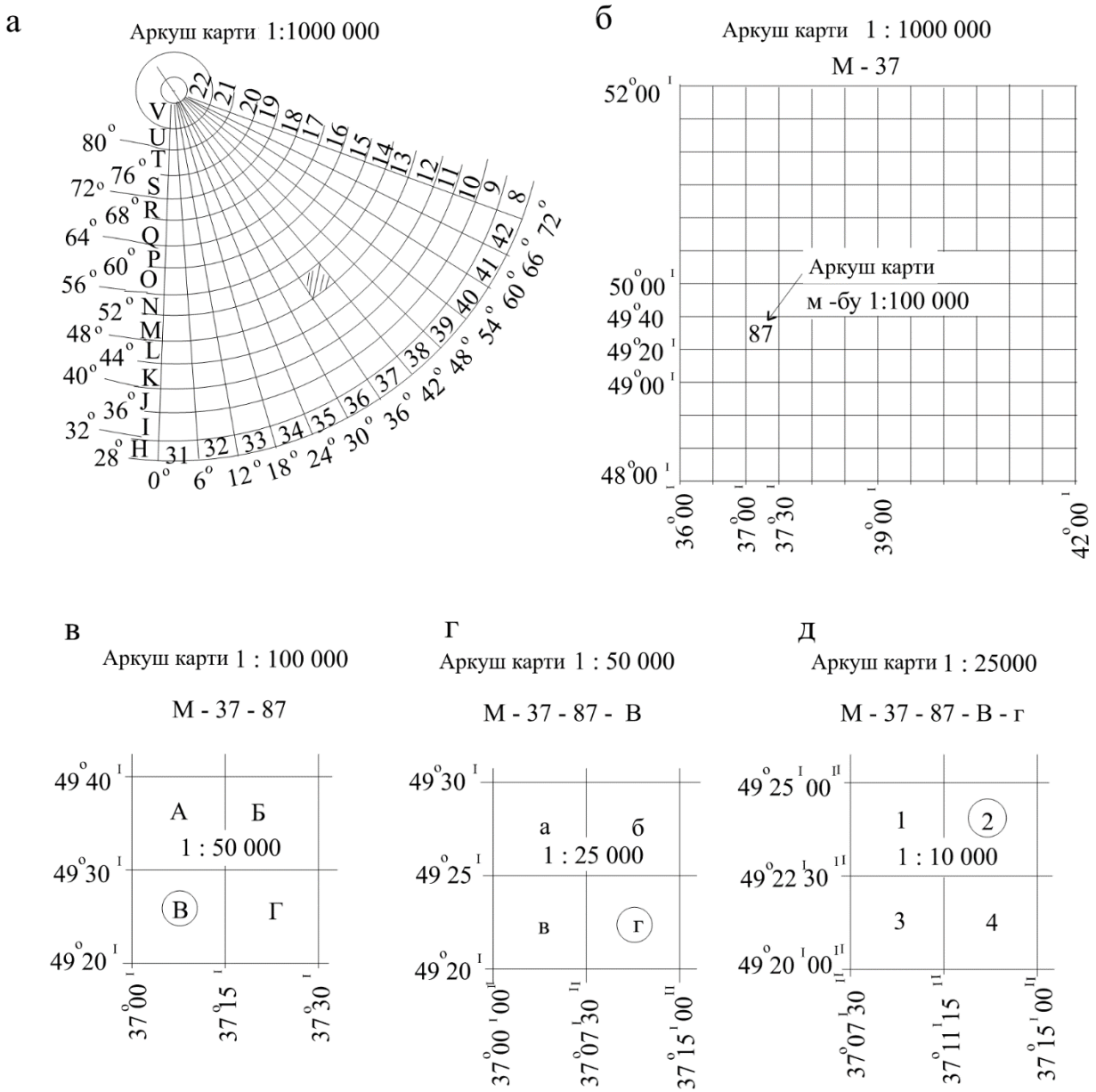


Рисунок 8 – Визначення номенклатури і географічних координат аркуша карти масштабу 1:10 000

Крім зазначених масштабів, існує номенклатура та розграфлення для 200 000, 300 000 та 500 000 (рис. 9).

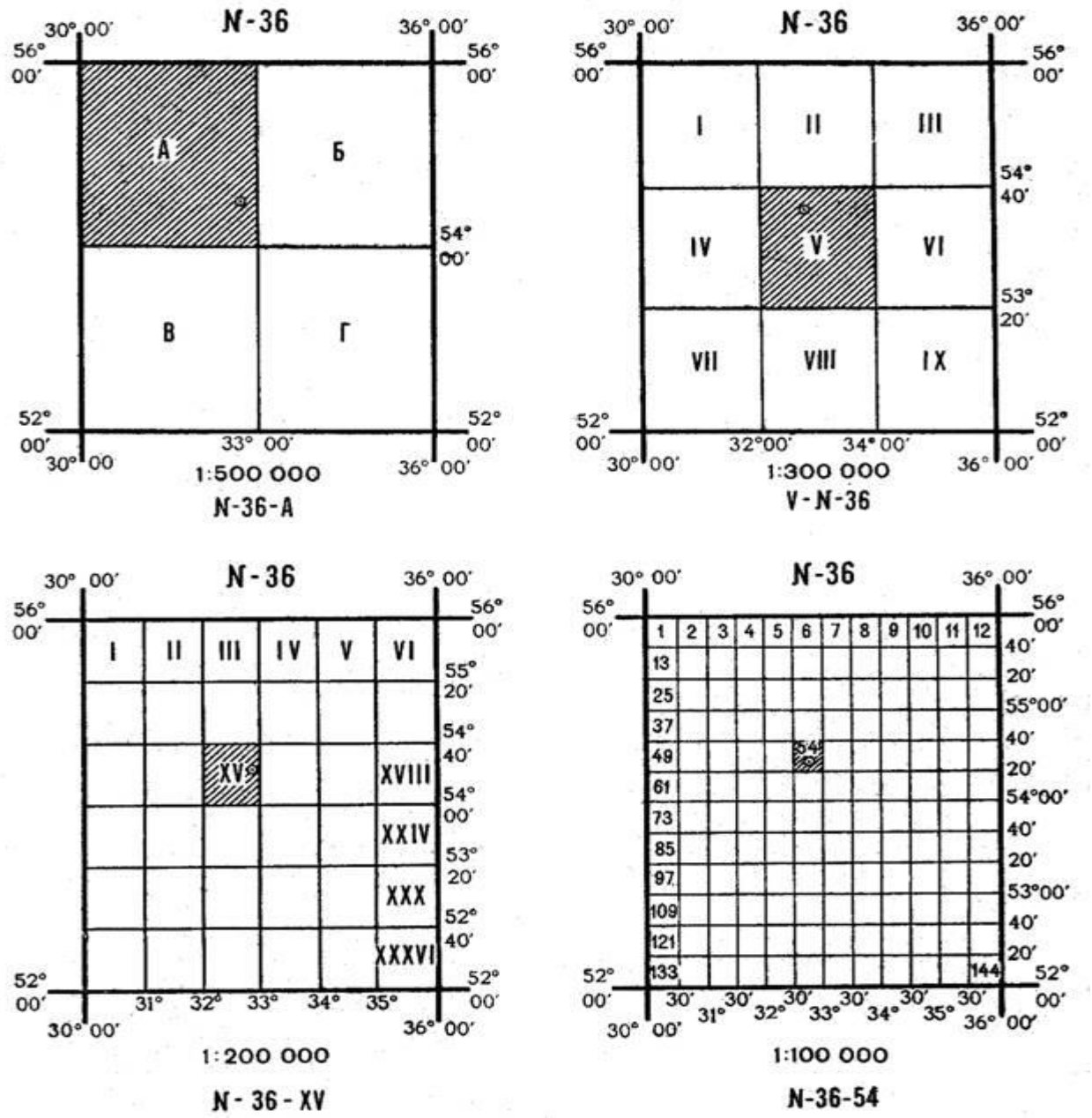


Рисунок 9 – Номенклатура і географічні координати аркуша карти масштабу 200 000, 300 000 та 500 000

Приклад. Визначити за номенклатурою аркуша топографічної карти L–36–67–Г масштаб карти, широти паралелей і довготи меридіанів, що обмежують цей аркуш.

Номенклатура аркушу має 4 позиції, тому масштаб 1:50 000.

Літера *L* у латинському алфавіті має порядковий номер $k = 12$, а $n = 36$.

Для аркуша L-36 масштабу 1:1 000 000 :

$B_{пд} = 4° (k - 1) = 44°;$ $B_{пн} = 4° k = 48°;$ (4)

$L_з = 6° (n - 31) = 30°;$ $L_с = 6°(n - 30) = 36°.$ (5)

Розділивши номер позиції, що відповідає масштабу 1:100 000, на 12 як цілі числа і встановивши залишок, знаходимо $p = Int (67/12) = 5$; залишок $q = 7$.

Таким чином, аркуш 67 розташований на перетині p +1, тобто 6 рядка і 7 стовпця. Знаходимо широту і довготу аркуша L–36–67 масштабу 1:100 000**:**

$B_{пд} = 48° - 20′ (p + 1) = 46°00′;$ $B_{пн} = 48° - 20′ p = 46°20′$ (6)

$L_з = 30° + 30′(q - 1) = 33°00′;$ $L_с = 30° + 30′ q = 33°30′.$ (7)

Літера Г в номенклатурі означає, що аркуш L–36–67–г займає південно-західну чверть аркуша карти 1:100 000, що має координати:

$B_{пд} = 46°00′;$ $B_{пн} = 46°00′ + 10′ = 46°10′;$ (8)

$L_з = 33°00′ + 15′ = 33°15′;$ $L_с = 33°30′.$ (9)

Частина 2

Завдання 1. Визначити географічні координати точок А і В.

Точка	Координата	Значення
А	B	
	L	
В	B	
	L	

Завдання 2. Визначити прямокутні координати точок А і В.

Точка	Координата	Значення
А	X	
	Y	
В	X	
	Y	

Рекомендації до виконання завдань. При визначенні *географічних координат точки* за топографічною картою користуються градусною рамкою, розбитою на хвилинні поділки чорного та білого кольору. На бокових сторонах

рамки (західній та східній) поділки нанесені по широті, на верхній і нижній (північній та південній) – по довготі (рис. 10). Хвилинні поділки розділені точками на шість, рівних між собою інтервалів по 10 секунд кожна. Широти і довготи кутів рамок аркуша підписані.

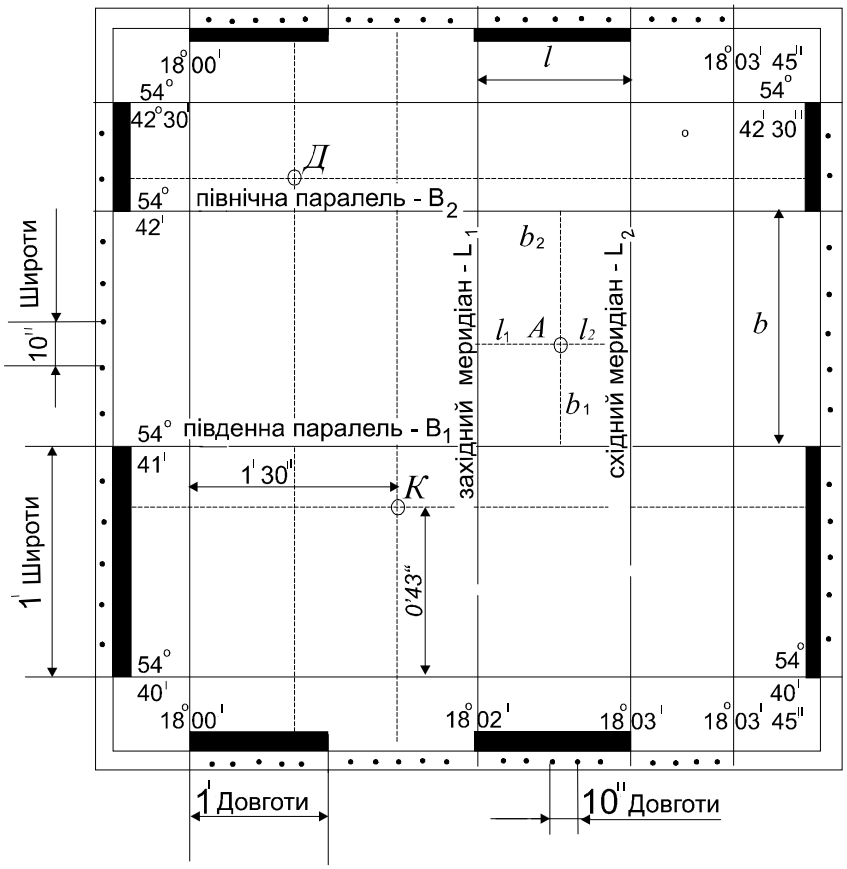


Рисунок 10 – Географічна координатна сітка

Щоб визначити географічні координати заданої точки *A,* проводять найближчі до неї південну та північну паралелі, західний та східний меридіани, з'єднуючи при цьому прямими лініями однозначні хвилинні поділки за широтою і довготою. Обмеживши задану точку сторонами трапеції, визначають градусну величину проведених ліній, позначивши їх відповідно через B_1, B_2, L_1та L_2. За допомогою лінійки і трикутника проводимо паралель і меридіан через задану точку *A* до перетину зі сторонами побудованої трапеції. Широту *B* і довготу *L* заданої точки отримуємо з виразів:

$$\left.\begin{aligned} B &= B_1 + \Delta B; \\ L &= L_1 + \Delta L, \end{aligned}\right\}, \qquad (10)$$

де ΔB, ΔL, – прирости від заданої точки до ліній паралелі і меридіана з відомими географічними координатами.

Для обчислення приросту по широті ΔB за допомогою вимірювача і лінійки на карті вимірюють відрізок b_1, а по хвилинній рамці – віддаль b, що відповідає одній хвилині широти. Приріст ΔB обчислюють за формулою

$$\Delta B = (b_1/b) \cdot 60''. \quad (11)$$

Аналогічно знаходять значення приросту по довготі ΔL, вимірюючи на карті відрізки l_1 і l (рис. 10) :

$$\Delta L = (l_1/l) \cdot 60''. \quad (12)$$

Для контролю географічні координати заданої точки можна визначити аналогічно від найближчих до неї ліній північної паралелі та східного меридіана.

Розходження між двома визначеннями не має перевищувати 1".

Приклад. Визначити географічні координати точки *A*, заданої на карті масштабу 1:10 000 (рис. 8).

З'єднуємо прямими лініями найближчі до точки *A* однойменні хвилинні значення на західній та східній сторонах градусної рамки. Тоді широта південної паралелі $B_1 = 54°41'$, а північної – $B_2 = 54°42'$. Довготи найближчих до точки *A* меридіанів мають градусні величини. $L_1 = 18°02'$, $L_2 = 18°03'$. Через точку *A* проводимо дві лінії, що паралельні сторонам трапеції, і вимірюємо відрізки:

$b_1 = 14{,}2$ мм ; $l_1 = 13{,}3$ мм ; $b = 36{,}0$ мм ; $l = 20{,}1$ мм.

Обчислюємо прирости:

$\Delta B = (14{,}2/36{,}0) \cdot 60'' = 23{,}7''$;

$\Delta L = (13{,}3/20{,}1) \cdot 60'' = 39{,}7''$.

Визначаємо географічні координати точки *A*:

$B_A = 54°41' + 23{,}7'' = 54°41'23{,}7''$;

$L_A = 18°02′ + 39,7″ = 18°02′39,7″$.

Для контрольних обчислень вимірюємо відрізки: $b_2 = 21,8$ мм, $l_2 = 6,8$ мм.

Тоді маємо:

$B_A = 54°42' - (21,8/36) \cdot 60'' = 54°41'23,7''$;

$L_A = 18°03' - (6,8/20,1) \cdot 60'' = 18°02'39,7''$.

Для закріплення матеріалу необхідно самостійно визначити географічні координати т.Д і т.К.

Прямокутні координати точок (*x y*) визначають на основі ліній координатної сітки, яку на топографічних картах проводять та підписують через кілометрові інтервали (рис. 11).

Для вимірювання прямокутних координат заданої точки, наприклад *M*, спочатку визначають координати x_i та y_i південно-західного кута квадрата, у якому розташована точка *M* (рис. 11). Із заданої точки *M* опускають перпендикуляри до західної та південної сторін квадрата і за допомогою чисельного або лінійного масштабу визначають їх довжину, отримуючи таким чином прирости Δx, Δy. Тоді прямокутні координати x, y точки *M* обчислюються за формулами:

$$\left.\begin{aligned} x &= x_i + \Delta x; \\ y &= y_i + \Delta y, \end{aligned}\right\}, \qquad (13)$$

де x_i, y_i – координати південно-західного кута квадрата координатної сітки;

x_i, = 6 067 000,0 м ; y_i = 4 313 000,0 м;

$\Delta x, \Delta y$ – прирости координат точки *M* відносно південно-західного кута зазначеного квадрата.

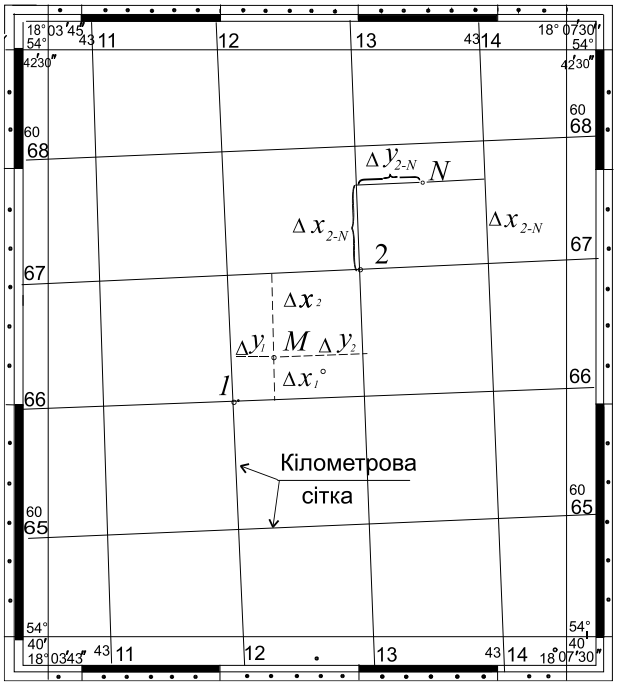


Рисунок 11 – Схема до визначення прямокутних координатних точок

Для контролю визначень координати точки *M* можна визначити повторно від північно-східного кута квадрата координатної сітки, у якому розташована точка.

Різниця не має перевищувати 0,2 мм у масштабі карти.

Приклад. Визначити прямокутні координати точки *M* за картою масштабу 1:10 000 (рис. 11).

Проводимо через точку *M* два перпендикуляри на сторони квадрата, в межах якого розміщена ця точка. Користуючись кілометровою сіткою, визначаємо прямокутні координати південно-західного кута 1 квадрата, що обмежує точку *M*:

x_1 = 6 066 000 м ; y_1 = 4 312 000 м,

де перша цифра 4 в координаті *y* є номером 6-градусної зони.

Виміряні значення Δx_1 = 280 м; Δy_1 = 400 м.

Визначають координати точки *M* :

x_M = 6 066 000 м + 280 м = 6 066 280 м,

y_M = 4 312 000 м + 400 м = 4 312 400 м.

Для контролю визначають координати точки *M* відносно північно-східного

кута 2 квадрата, координати якого дорівнюють (читаємо по карті): x_2 = 6 067 000 м, y_2 = 4 313 000 м.

Виміряні по карті прирости координат становлять: Δx_2 = -721 м, Δy_2 = -599 м.

Тоді: x_M = 6 067 000 м – 721 м = 6 066 279 м,

y_M = 4 313 000 м – 599 м = 4 312 401 м.

Частина 3

Завдання 1. Визначити положення точок на карті за географічними координатами.

Точка	Координата	Значення
F	B	54°43'25" + 10№"
	L	18°02'05" + 10№"
G	B	54°41'30" + 10№"
	L	18°01'05" + 10№"

Завдання 2. Визначити положення точок на карті за прямокутними координатами.

Точка	Координата	Значення
T	X	6066820 + 10№
	Y	4314120 + 10№
H	X	6076820 + 10№
	Y	4312220 + 10№

Рекомендації до виконання завдань. Нанесення на карту точок (за їх географічними або прямокутними координатами) є зворотним завданням відносно розглянутих вище завдань про визначення координат точок на карті.

Приклад. Нанести точку М (рис. 10) на карту за її географічними координатами:

B_M = 54°42'10", L_M = 18°00'45".

Знаходимо задану широту 54°42'10" на західній та східній сторонах рамки

і з’єднуємо однойменні значення широти пунктирною лінією. Задану довготу 18°00'45" знаходимо на північній та південній сторонах рамки, які також з’єднуємо пунктирною лінією. Перетин цих двох ліній визначає положення на карті точки *M* із заданими координатами.

Приклад. Нанести точку О на карту (рис. 11) за її прямокутними координатами: x_O = 6 067 710 м , y_O = 4 313 520 м.

Відкинувши три останні цифри в заданих координатах (тобто за числом цілих кілометрів), визначають квадрат, у якому розміщена точка О та координати x_2 і y_2 його південно-західного кута:

x_2 = 6 067 км = 6 067 000 м, y_2 = 4 313 км = 4 313 000 м.

Приріст по осі абсцис дорівнює:

$\Delta x_{2\text{-}O} = x_O - x_2$ = 710 м,

а по осі ординат:

$\Delta y_{2\text{-}O} = y_O - y_2$ = 520 м.

Відкладаємо у масштабі карти приріст $\Delta x_{2\text{-}O}$ від південної лінії квадрата по бокових сторонах і з’єднуємо одноіменні значення абсциси лінією, на якій в масштабі карти від західної сторони відкладаємо приріст $\Delta y_{2\text{-}O}$, отримаємо положення точки О на карті.

Частина 4

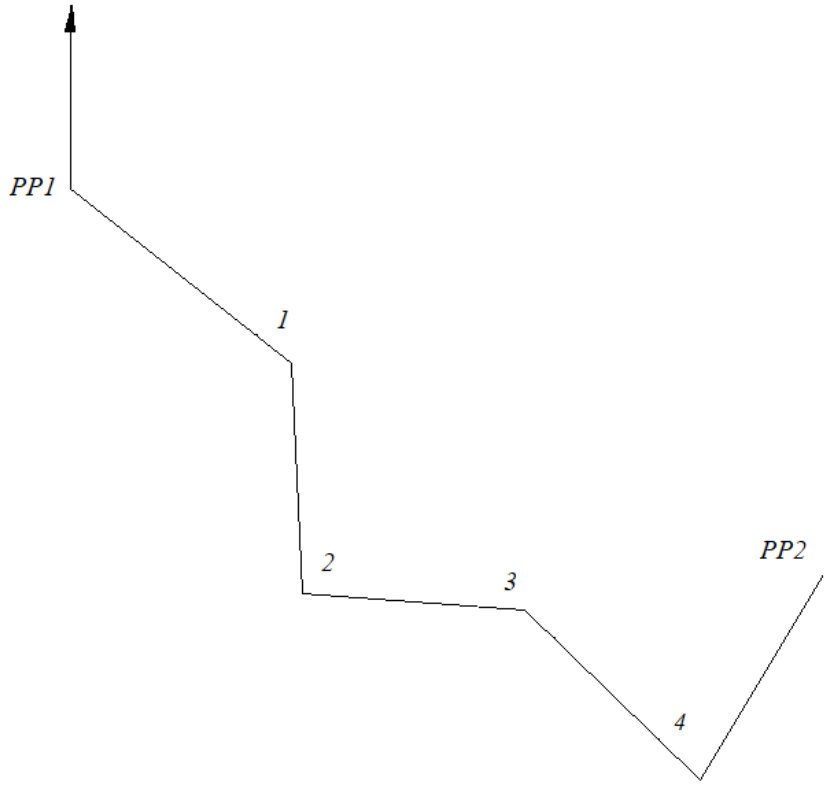
Завдання 1. Визначити істотний азимут на карті.

Завдання 2. Позначити на схемі дирекційні кути ліній та занести значення в таблицю:

Лінія	Дирекційний кут
РР1–1	
1–2	
2–3	
3–4	
4–РР2	

Завдання 3. Визначити румби по дирекційним кутам з попереднього завдання:

Дирекційний кут	РР1–-1	1–2	2–-3	3–4	4–РР2
Румб					



Завдання 3. Визначити магнітний азимут на карті.

Рекомендації до виконання завдань При роботі з картою постійно виникає необхідність визначити положення лінії відносно базового напрямку, що приймається за вихідний. Вихідними напрямками є лінії географічного, магнітного та основного медіану. Залежно від вихідного напряму положення лінії можна оцінювати через азимути (географічні та магнітні) або дирекційний кут (рис.12).

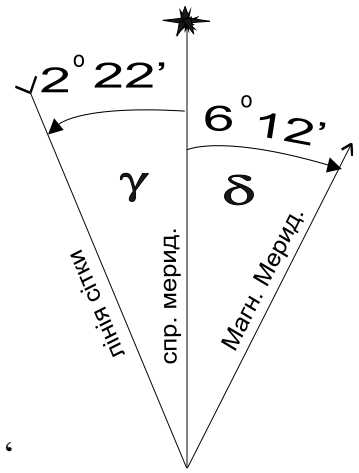


Рисунок 12 – Схема вихідних напрямків:

δ – відхилення магнітної стрілки; γ – зближення меридіанів

Істинний азимут заданої лінії вимірюють за ходом годинникової стрілки від північного напрямку істинного меридіана, що проходить через початкову точку заданої лінії (рис.13).

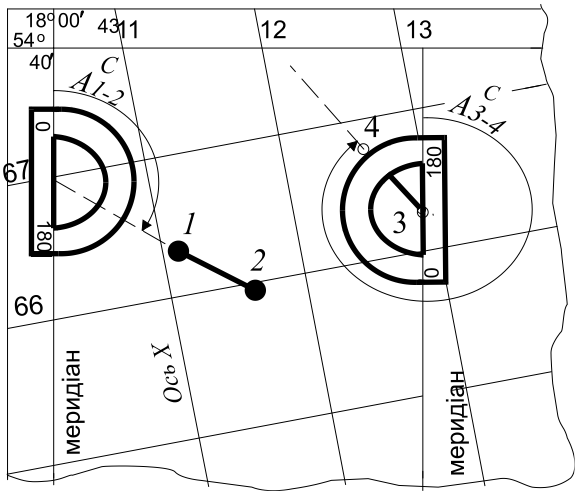


Рисунок 13 – Визначити істотний азимут на карті

Напрямок цього меридіану практично паралельний лініям, які обмежують карту із заходу і сходу по внутрішній рамці аркуша, тому для вимірювання істинного азимуту напрямка заданої лінії продовжують її до перетину із західною або східною стороною рамки карти, або ж паралельно переносять одну із сторін карти (західну або східну) у початкову точку заданої лінії. Величину

азимута визначають транспортиром.

Для вимірювання дирекційного кута використовують лінії осі абсцис координатної сітки (рис. 14). Лінію напрямку необхідно продовжувати до перетину з лініями координатної сітки, розміщеними як зліва від початкової точки, коли дирекційний кут, наприклад α_{1-2}, менший за 180°, так і справа, коли він, наприклад α_{4-5}, більший від 180° (рис. 14).

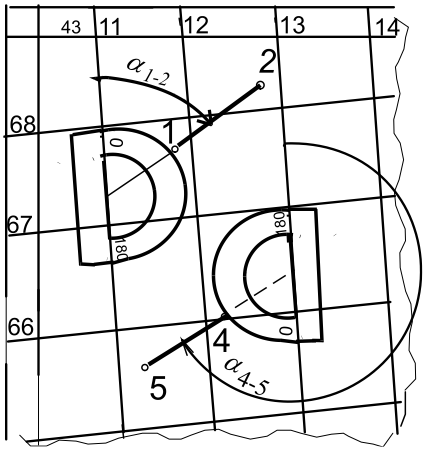


Рисунок 14 – Вимірювання дирекційного

Можна також через початкову точку лінії заданого напрямку провести пряму, паралельну до осі абсцис, і безпосередньо при цій точці виміряти дирекційний кут. Вимірювання виконують геодезичним транспортиром по ходу годинникової стрілки від північного напрямку осі абсцис або паралельної до неї лінії до напрямку заданої лінії. Край нульового діаметра транспортира укладають по координатній лінії осі абсцис, суміщаючи центральну мітку транспортира з точкою перетину ліній, і по шкалі визначають величину дирекційного кута. Коли вимірюваний кут більший за 180°, то відлік ведуть від південного напрямку осі абсцис, використовуючи другий ряд підписів кутомірної шкали транспортира.

Якщо вимірюваний кут близький до 0° або 180° і тому в межах аркуша карти задана лінія може не перетинатися з абсцисами координатної сітки, то напрямок мережі паралельно переносять у початкову точку, як описано вище.

Румбом називається гострий кут, який відраховується від ближнього *північного* або *південного* напрямку осьового меридіану або лінії, паралельної до нього, до заданого напрямку (рис. 15). Румби змінюються в межах від *0°* до *90°* і позначаються літерою «*r*» латинського алфавіту з відповідним індексом – r_{AB}. Для однозначного визначення напрямку румбу він супроводжується назвою чверті, у якій розташований: *I чверть* – північний схід «*ПнСх*», *II* – південний схід «*ПдСх*», *III* – південний захід «*ПдЗх*», *IV* – північний захід «*ПнЗх*». Тобто значення румба подається в наступному вигляді: вказують градусну величину румба, після якої пишуть назву чверті, *наприклад* r_{AB}*= 25°45' ПнСх*.

Зв’язок між дирекційними кутами і румбами залежно від чверті наступний (рис. 16):

I чверть	$r_1 = \alpha_1$;	$\alpha_1 = r_1$;
II чверть	$r_2 = 180^o - \alpha_2$;	$\alpha_2 = 180^o - r_2$;
III чверть	$r_3 = \alpha_3 - 180^o$;	$\alpha_3 = 180^o + r_3$;
IV чверть	$r_4 = 360^o - \alpha_4$;	$\alpha_4 = 360^o - r_4$.

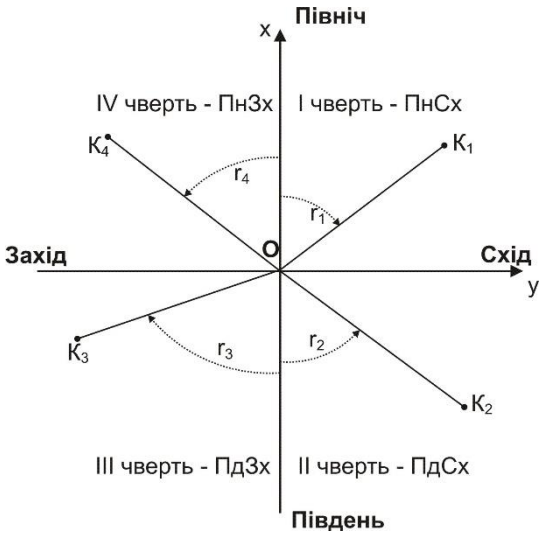


Рисунок 15 – Румби

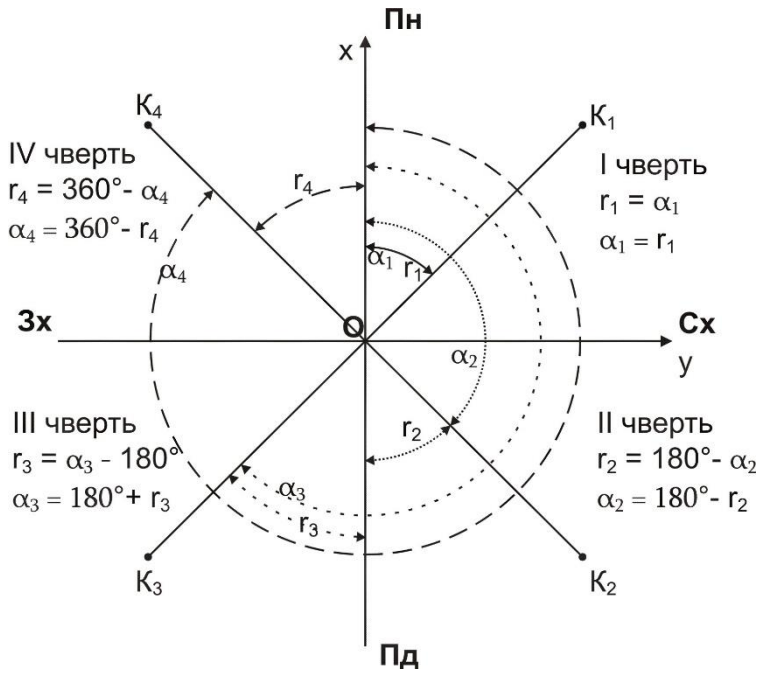


Рисунок 16 – Залежність між румбами і дирекційними кутами

Магнітний азимут відрізняється від істинного азимута на величину схилення магнітної стрілки δ. Величину істинного азимута, або дирекційного кута можна визначити магнітний азимут за формулами:

$$A_M = A - \delta, \qquad (14)$$

$$A_M = \alpha + \gamma - \delta \qquad (15)$$

Величина схилення магнітної стрілки δ, як і величина зближення меридіанів γ, проводиться на схемі вихідних напрямків топографічної карти.

Приклад. На аркуші карти визначити дирекційний кут, істинний та магнітний азимути лінії *1–2* (рис. 17). Продовжимо лінію *1–2* до перетину з лінією кілометрової сітки. Прикладаємо транспортир, суміщаючи центральну його мітку з точкою перетину ліній і, оскільки дирекційний кут більший за 180°, відраховуємо від південного напрямку осі абсцис по другому ряду підписів червоного кольору кутомірної шкали. Тоді $\alpha_{1\text{-}2} = 302°13'$.

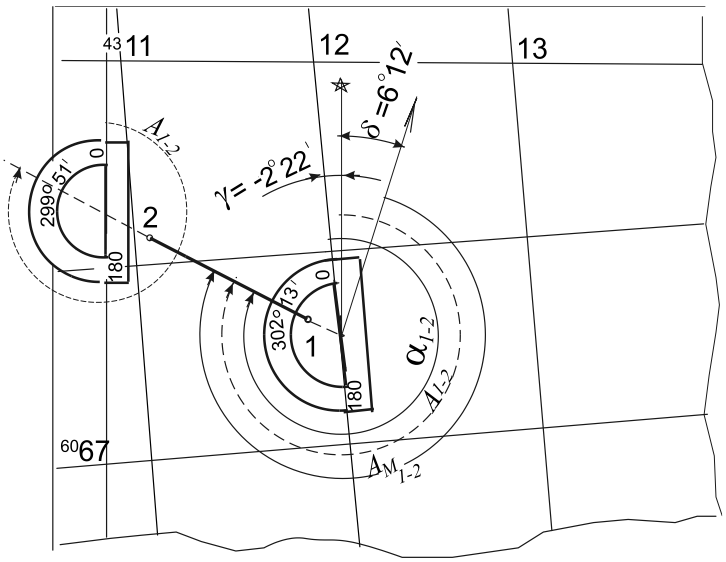


Рисунок 17 – Визначення за картою дирекційного кута, істинного і магнітного азимутів

Для обчислення величини істинного азимута користуємося формулою і значенням зближення меридіанів, що наведене у нижньому лівому куті карти (рис. 14). Західне зближення меридіанів вказує на його від'ємне значення:

$$A_{1\text{-}2} = 302°13' + (-2°22') = 299°51'.$$

Істинний азимут лінії *1–2* можна також виміряти транспортиром, але відносно західної сторони рамки карти або паралельних до неї ліній, проведених через початкову точку *1* лінії *1–2*. Істинний азимут лінії *1–2* дорівнює $A_{1\text{-}2} = 299°51'$.

Магнітний азимут цієї ж лінії обчислюємо за формулою. Східне відхилення магнітної стрілки вказує на позитивне значення δ, тоді

$$Ам_{1\text{-}2} = 302°13' - 2°22' - 6°12' = 293°39'.$$

Питання для самоперевірки

1. Що таке номенклатура карти?
2. Що таке координати точки?
3. Що таке дирекційний кут?
4. Що таке азимут?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7
РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ З КООРДИНАТАМИ

Мета роботи: навчитись працювати з прямокутними координатами, освоїти основні прийоми обробки результатів вимірювань.

Обладнання: палетка, вимірювач, аркуші паперу, калькулятор.

Пояснення до виконання роботи. У роботі № – це номер варіанта за списком. Завдання виконуються послідовно; вказується текст завдання та формули для розрахунків, якщо вони використовуються; відповіді та розрахунки проводяться за варіантом у виділеному для цього місці – після тексту завдання. Рекомендації до виконання завдань та приклади слугують лише для ознайомлення з особливостями процесу виконання завдань та послідовністю розрахунків цих завдань.

Завдання 1. Для квадрату кілометрової сітки масштабу 1:10 000, заданого прямокутними координатами південно-західного кута X_0, Y_0 визначити прямокутні координати інших кутів: X_0 = 6 650 000 м, Y_0 = 4 308 000 м.

Завдання 2. Для квадрату кілометрової сітки масштабу 1:10 000, заданого прямокутними координатами південно-західного кута X_0, Y_0, визначити координати точок А та В та позначити їх на аркуші карти.

X_A = 6 650 000 + 30·№ м = _____

Y_A=4 308 000 + 25·№ м =_____

X_B = 6 650 000 + 55·№ м = _____

Y_B = 4 308 000 +75·№м =_____

Завдання 3. Для квадрату кілометрової сітки масштабу 1:10 000, заданого прямокутними координатами південно-західного кута X_0, Y_0, визначити довжину АВ графічним способом.

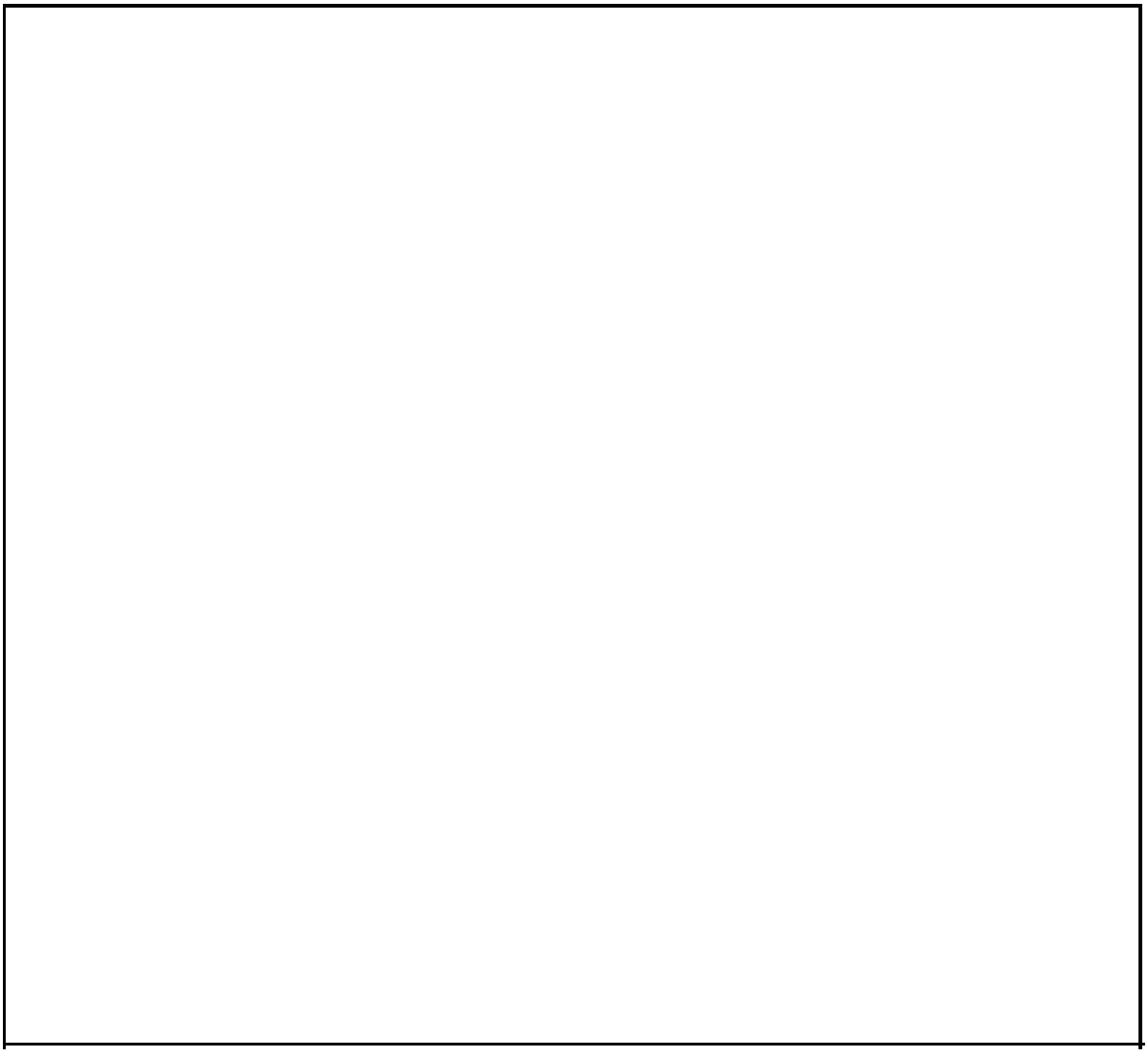
АВ = _____

Завдання 4. Для квадрату кілометрової сітки масштабу 1:10 000, заданого прямокутними координатами південно-західного кута X_0, Y_0, визначити довжину АВ аналітичним способом.

АВ = _____

_____

_____



1:10 000

Рекомендації до виконання завдань. Завдання виконувати, опираючись на знання з попередніх лабораторних робіт.

Питання для самоперевірки

1. Що таке номенклатура карти?
2. Що таке координати точки?
3. Що таке дирекційний кут?
4. Що таке азимут?

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Дистанційний курс на платформі Moodle. Геодезія (Модуль 1 Геодезичні вимірювання) [Електрон. ресурс] / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова : сайт. – Електрон. текст. дані. – Оновлюється постійно. – Харків, 2024. – Режим доступу: https://dl.kname.edu.ua/course/view.php?id=1732, вільний (дата звернення: 02.02.2024). – Назва з екрана.

2. Про затвердження Інструкції з топографічного знімання у масштабах 1:5 000, 1:2 000, 1:1 000 та 1:500 [Електрон. ресурс] : Наказ Головного управління геодезії, картографії та кадастру при Кабінеті міністрів України. № 56 від 09.04.98. – Електрон. текст. дані. – Київ, 1998. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0393–98#Text, вільний (дата звернення: 02.02.2024). – Назва з екрана.

3. Гончаренко О. С. Геодезичне забезпечення землевпорядкування : [Електрон. ресурс] : конспект лекцій / О. С. Гончаренко. – Електрон. текст. дані. – Київ, 2020. – 129 с. – Режим доступу: http://geo.univ.kiev.ua/images/doc_file/Konspekt_lekcii/Zemlya_Goncharenko.pdf, вільний (дата звертання: 02.02.2024). – Назва з екрана.

4. Калинич І. В. Топографія. Лабораторний практикум / І. В. Калинич, М. Р. Ничвид, І. І. Калинич. – Ужгород : Видавництво УжНУ «Говерла», 2020. – 176 с.

5. Рева М. П. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Геодезія та землевпорядкування» / М. П. Рева, Ю. В. Орєшніков. – Дніпропетровськ, 2011. – 39 с.

6. Панчук Ю. М. Лабораторний практикум з інженерної геодезії : навч. посіб. / Ю. М. Панчук, О. Є. Янчук. – Рівне, 2010. – 135 с.

7. Шаульський Д. В. Конспект лекцій з дисципліни «Основи геодезії» (для студентів 1 і 3 курсів денної форми навчання, напряму підготовки 6.060102 «Архітектура» спеціальності «Містобудування») / Д. В. Шаульський ; Харків. нац. акад. міськ. гос-ва. – Харків : ХНАМГ, 2012. – 55 с.

Електронне навчальне видання

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

«ГЕОДЕЗІЯ»
Змістовий модуль 2
Основи топографічного моделювання

(для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної та заочної форм навчання зі спеціальності 193 – Геодезія та землеустрій)

Укладач **КУХАР** Максим Анатолійович

Відповідальний за випуск *К. А. Мамонов*
Редактор *М. О. Гаман*
Комп’ютерне верстання *М. А. Кухар*

План 2021, поз. 514М

Підп. до друку 29.03.2024. Формат 60 × 84/16.
Ум. друк. арк. 2,6.

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.