

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ МИХАЙЛА ОСТРОГРАДСЬКОГО



МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ЩОДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ
З НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
«КАРТОГРАФІЯ»
ДЛЯ СТУДЕНТІВ ДЕННОЇ ТА ЗАОЧНОЇ ФОРМ НАВЧАННЯ
ЗІ СПЕЦІАЛЬНОСТІ 193 – «ГЕОДЕЗІЯ ТА ЗЕМЛЕУСТРІЙ»
ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ «БАКАЛАВР»

КРЕМЕНЧУК 2021

Методичні вказівки щодо виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Картографія» для студентів денної та заочної форм навчання зі спеціальності 193 – «Геодезія та землеустрій» освітнього ступеня «Бакалавр»

Укладач к. геол. н., доц. С. П. Лашко

Рецензент к. т. н., доц. П. Б. Міхно

Кафедра геодезії, землевпорядкування та кадастру

Затверджено методичною радою Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського

Протокол № ____ від _____ 20__ року

Голова методичної ради _____ проф. В. В. Костін

ЗМІСТ

Вступ	4
Перелік лабораторних робіт	5
Лабораторна робота № 1 Розрахунок і побудова картографічних проекцій	5
1.1 Азимутальні проекції	8
1.2 Циліндричні проекції	10
1.3 Конічні проекції	12
Лабораторна робота № 2 Підготовка даних математичної та геодезичної основи карти	19
2.1 Перетворення координат із системи умовної у систему Гаусса-Крюгера	20
2.2 Визначення географічних координат середньої точки картографованої ділянки	22
2.3 Визначення номенклатури аркуша створюваної карти	24
2.4 Вихідні дані прикладу обчислень	25
Список літератури	33
Додаток А Середні радіуси кривизни Землі R (у метрах)	34
Додаток Б Радіуси паралелей земної кулі r (у метрах)	37
Додаток В Критерії оцінювання практичних робіт	40

ВСТУП

Навчальна дисципліна «Картографія» є обов'язковою навчальною дисципліною для підготовки бакалаврів з геодезії та землеустрою і знайомить студентів з теорією і практикою картографічного моделювання, навчає їх техніки побудови картографічних виробів і методів використання карт.

Навчальна дисципліна «Картографія» логічно пов'язана з іншими навчальними дисциплінами: «Вища математика», «Галузева комп'ютерна графіка та основи ГІС», «Геологія і геоморфологія», «Геодезія», «Фотограмметрія та дистанційне зондування», «Галузеві кадастри», «Землевпорядне проєктування», «ГІС і бази даних», «Вища геодезія», «Супутникова геодезія».

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

знати: методи математичного відображення поверхні Землі на площині, елементи змісту карт, основи картографічної генералізації дійсності, що досліджується, технологію проєктування, редагування та складання карт і методи їх відновлення та розмноження;

уміти: обчислювати та будувати картографічну сітку в азимутальній, циліндричній і конічній проєкціях, підготовлювати дані математичної та геодезичної основи карти, виконувати різного роду вимірювання на картографічному матеріалі.

Програмою навчальної дисципліни «Картографія» передбачено виконання двох лабораторних робіт.

Дані методичні вказівки вміщують організаційні та методичні пояснення щодо виконання лабораторних робіт студентами. Мета вказівок – допомогти студентам у опануванні методики створення найпоширеніших картографічних проєкцій і математичного та геодезичного обґрунтування карти.

Робочим навчальним планом передбачено такий розподіл балів за виконання студентами завдань: лабораторні роботи – 10 балів, практичні роботи – 10 балів, модульні контрольні роботи № 1 і № 2 – 50 балів, розрахунково-графічна робота – 10 балів, іспит – 20 балів (усього – 100 балів).

ПЕРЕЛІК ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

Лабораторна робота № 1

Тема. Розрахунок і побудова картографічних проєкцій

Мета роботи: засвоєння студентами методики математичного відображення поверхні Землі на площині та набуття практичних навичок обчислення, контролю розрахунку, аналізу й побудови картографічних проєкцій.

Завдання. Обчислити та побудувати нормальну (пряму) картографічну сітку заданої частоти в рівнокутній азимутальній та рівновеликій і рівнопроміжній за меридіанами азимутальній, циліндричній і конічній проєкціях для території, обмеженої довготами $\lambda_{зах}$, $\lambda_{схід}$ і широтами $\varphi_{півд}$, $\varphi_{півн}$. Параметри проєкцій знайти за умови, що: 1) циліндричні проєкції є січними через задану північну паралель; 2) рівновелика конічна проєкція – січна через паралелі з широтами φ_1 і φ_2 ; 3) рівнопроміжна конічна проєкція – дотична до північної паралелі. Усі результати обчислень звести до таблиць. Картографічну сітку побудувати за обчисленими прямокутними координатами точок перетину меридіанів і паралелей і накреслити олівцем на папері для креслення (ватман або держзнак). Вихідні дані для виконання завдання взяти з табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Вихідні дані для лабораторної роботи № 1

Варіант	$\lambda_{зах}$	$\lambda_{схід}$	$\varphi_{півд}$	$\varphi_{півн}$	φ_1	φ_2	Загальний масштаб
1	2	3	4	5	6	7	8
1	20°	60°	12°	42°	16°	36°	1:50 000 000
2	30°	70°	14°	44°	18°	38°	1:45 000 000
3	40°	80°	18°	48°	22°	42°	1:45 000 000
4	50°	90°	22°	52°	26°	46°	1:40 000 000
5	60°	100°	26°	56°	30°	50°	1:40 000 000
6	70°	110°	32°	62°	36°	56°	1:35 000 000
7	80°	120°	34°	64°	38°	58°	1:35 000 000

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8
8	90°	130°	38°	68°	42°	62°	1:30 000 000
9	100°	140°	42°	72°	46°	66°	1:30 000 000
10	110°	150°	46°	76°	50°	70°	1:25 000 000
Приклад обчислень	150°	170°	5°	25°	10°	20°	1:50 000 000

Примітки:

1. Номер варіанта відповідає останній цифрі номера залікової книжки студента.

2. Для всіх варіантів частота картографічної сітки дорівнює 10°.

Короткі теоретичні відомості

Картографічною проєкцією називають математичний спосіб умовного зображення меридіанів і паралелей усієї земної кулі чи її окремої частини на карті (площині). Проєкція визначає точкову відповідність між поверхнею еліпсоїда обертання (або кулі) та площиною, тобто коли кожній точці поверхні еліпсоїда обертання з географічними координатами φ , λ відповідає лише одна точка площини з прямокутними координатами X , Y або іншими плоскими координатами.

Сітку меридіанів і паралелей або інших координатних ліній, побудованих у певній проєкції, називають **картографічною сіткою проєкції**. Картографічні сітки слугують математичною основою для правильного розміщення елементів змісту карт.

Перехід від фізичної поверхні Землі до її зображення на карті (на площині) в математичному розумінні складається з трьох основних дій. Спочатку за допомогою топографічної зйомки картографовані точки земної поверхні проєктують (переносять) на умовну (рівневу) поверхню земного еліпсоїда. Потім земний еліпсоїд зменшується в заданому головному масштабі карти шляхом математичного перетворення для отримання його математичної

моделі у вигляді глобуса. На практиці цей глобус не будують. Знаючи розмір його радіуса, за допомогою відповідних формул обчислюють більшість необхідних математичних величин для побудови карти. Третя дія полягає у переході від поверхні глобуса до площини – майбутньої карти. Цей перехід здійснюють за допомогою вибраної картографічної проєкції.

Застосовуючи різні закони проєктування земної поверхні на площину, можна отримати різні картографічні проєкції, які вирізняються виглядом картографічної сітки та умовами спотворень картографічного зображення на них.

Картографічна сітка, яка має для конкретної картографічної проєкції найбільш простий вигляд, називається *нормальною* (або *прямою* з огляду системи полярних сферичних координат).

За виглядом меридіанів і паралелей нормальної картографічної сітки картографічні проєкції класифікують на азимутальні, перспективні, циліндричні, конічні, поліконічні, псевдоконічні, псевдоциліндричні та інші, а за характером спотворень – на рівнокутні, рівновеликі та довільні (частковим випадком довільних проєкцій є рівнопроміжні проєкції – в яких масштаб довжин за одним з головних напрямків беруть постійним).

Порядок виконання роботи

Дана лабораторна робота складається з трьох розрахункових частин, що полягають у математичному обчисленні координат X і Y картографічної сітки території за видами проєкцій (азимутальна, циліндрична, конічна) та графічної (результуючої) частини, завданням якої є перенесення координат у зображення на площині (папері).

Загальна послідовність опрацювання кожного з різновидів проєкцій така:

- 1) розрахунок прямокутних координат X і Y картографічної сітки проєкції (з точністю 0,01 см шляхом заокруглення отриманих даних точності 0,001 см);
- 2) попередній табличний контроль розрахунку (аналітично, зважаючи на закономірність зміни значень у колонках – збільшення або зменшення числових характеристик координат та одномірність знаку чисел);

3) нанесення точок перетину меридіанів і паралелей з координатами X і U на попередньо розграфлену прямокутну координатну сітку (з необхідною точністю 0,01 см, використовуючи масштабну лінійку і циркуль-вимірювач);

4) графічний контроль розрахунку і побудови відповідно до виду проєкції (*в азимутальних проєкціях* з нормальною картографічною сіткою меридіани зображені прямими лініями, що сходяться в одній точці під кутами, рівними різниці відповідних довгот, а паралелі – концентричними колами, проведеними з точки сходу меридіанів як із центра; *у циліндричних проєкціях* з нормальною картографічною сіткою меридіани зображені прямими паралельними лініями, розміщеними одна від одної на відстанях, пропорційних до заданої різниці довгот, а паралелі – також прямими паралельними лініями, відстань між якими залежить від умов проєкції; *у конічних проєкціях* з нормальною картографічною сіткою середній меридіан – прямий вертикальний, інші меридіани зображені прямими лініями, що сходяться в одній точці під кутами, пропорційними до заданої різниці довгот, а паралелі – дугами одноцентрових кіл, проведеними з точки сходу меридіанів як із центра. При цьому відстані між паралелями залишаються рівними лише у випадку рівнопроміжних проєкцій).

1.1 Азимутальні проєкції

При розрахунках параметрів азимутальної проєкції земну поверхню беруть за поверхню кулі з радіусом $R = 6\,371\,116\text{ м}$ (радіус кулі, поверхня якої тотожна поверхні еліпсоїда Красовського).

1.1.1 Визначення параметрів рівнокутної азимутальної проєкції

У рівнокутній проєкції кути зображують без спотворень. Унаслідок цього нескінченно малі елементи земного еліпсоїда зберігають у проєкції подібність форми, спотворюючись водночас за площею.

Плоскі полярні координати точок перетину меридіанів і паралелей обчислюють за формулами

$$\delta = \lambda ; \quad (1.1)$$

$$\rho = 2R \operatorname{tg} \frac{90-\varphi}{2} . \quad (1.2)$$

Прямокутні координати цих точок обчислюють за формулами

$$X = \rho \cos \delta ; \quad (1.3)$$

$$Y = \rho \sin \delta . \quad (1.4)$$

Послідовність обчислень:

1. Використовуючи мікрокалькулятор типу МК-61 чи SR-135, за формулою (1.2) визначаємо радіуси паралелей рамки та картографічної сітки проєкції ρ у метрах.

2. Розраховуємо прямокутні координати X , Y , причому відразу ж у сантиметрах і в масштабі проєкції, для чого вводимо до правих частин формул (1.3) і (1.4) додаткові коефіцієнти – заданий числовий масштаб побудови та число сантиметрів у метрі. Зокрема, за масштабу 1:50 000 000 формули розрахунку X , Y набудуть такого вигляду:

$$X = \frac{100}{50000000} \rho \cos \delta ; \quad (1.5)$$

$$Y = \frac{100}{50000000} \rho \sin \delta . \quad (1.6)$$

3. Усі отримані дані послідовно заносимо до табл. 1.2.

1.1.2 Визначення параметрів рівновеликої азимутальної проєкції

Рівновелика проєкція забезпечує усталену пропорційність площ карти і земної поверхні відповідно до визначеного загального масштабу, що досягають за рахунок спотворення кутів.

Плоскі полярні координати точок перетину меридіанів і паралелей обчислюють за формулами

$$\delta = \lambda ;$$

$$\rho = 2R \sin \frac{90-\varphi}{2} . \quad (1.7)$$

Прямокутні координати цих точок обчислюють за формулами (1.3) і (1.4).

Результати розрахунків оформлюють згідно з табл. 1.3.

1.1.3 Визначення параметрів рівнопроміжної за меридіанами азимутальної проєкції

У рівнопроміжній проєкції не зберігається ні рівність кутів, ні пропорційність площ. Одна з головних умов полягає в дотриманні постійного масштабу вздовж меридіанів, унаслідок чого відстані між паралелями в проєкції однакові.

Плоскі полярні координати точок перетину меридіанів і паралелей обчислюють за формулами

$$\begin{aligned}\delta &= \lambda ; \\ \rho &= R (90 - \varphi)^\circ.\end{aligned}\quad (1.8)$$

Примітка. При розрахунках за формулою (1.8) кут $(90 - \varphi)^\circ$ необхідно перевести в радіани, використовуючи відповідну операцію мікрокалькулятора чи співвідношення

$$1^\circ = \frac{2\pi}{360} \text{ рад} = \frac{\pi}{180} \text{ рад} .$$

Прямокутні координати цих точок обчислюють за формулами (1.3) і (1.4). Результати розрахунків оформлюють згідно з табл. 1.4.

1.2 Циліндричні проєкції

При розрахунках параметрів циліндричної проєкції земну поверхню ототожнюють з поверхнею еліпсоїда Красовського. За початок прямокутних координат беруть точку перетину екватора і початкового меридіана.

1.2.1 Визначення параметрів рівновеликої циліндричної проєкції

Прямокутні координати точок перетину меридіанів і паралелей (для рівновіддалених широт φ_i і довгот λ_j) обчислюють за формулами

$$X = R \sec \varphi_\kappa \sin \varphi ; \quad (1.9)$$

$$Y = R \cos \varphi_\kappa \times \lambda , \quad (1.10)$$

де R – радіус кривизни Землі на широті $\varphi_\kappa = \varphi_{\text{півн}}$, який добирають з дод. А.

Примітки:

1. Задля отримання координат X , Y у сантиметрах і масштабі проєкції до робочих формул (1.9) і (1.10) потрібно ввести відповідні додаткові коефіцієнти аналогічно формулам (1.5) і (1.6).

2. При розрахунках за формулою (1.10) кут λ необхідно перевести в радіани.

Послідовність обчислень:

1. Добираємо додаткові вихідні дані з дод. А. Для прикладу обчислень

$$R = 6364472 \text{ м (за аргументом } \varphi_{\text{нівн}} = 25^\circ).$$

2. Розраховуємо координату X широт проєкції. Формула розрахунку для прикладу обчислень

$$X_i = \frac{100}{50000000} \times 6364472 \times \sec 25^\circ \times \sin \varphi_i \text{ (см)}.$$

3. Розраховуємо координату Y довгот проєкції. Формула розрахунку для прикладу обчислень

$$Y_j = \frac{100}{50000000} \times 6364472 \times \cos 25^\circ \times \lambda_j \text{ (см, з попереднім переводом кута в радіани)}.$$

4. З метою компактності побудови проєкції на папері проводимо перерахування координат X , Y за умови початку системи координат у точці перетину південної паралелі та західного меридіана заданої території.

5. Результати обчислень зводимо до табл. 1.5.

1.2.2 Визначення параметрів рівнопрямій за меридіанами циліндричної проєкції

Прямокутні координати точок перетину меридіанів і паралелей (для рівновіддалених широт φ_i і довгот λ_j) обчислюють за формулами

$$X = R \times \varphi, \quad (1.11)$$

$$Y = R \cos \varphi_k \times \lambda, \quad (1.12)$$

де R – радіус кривизни Землі на широті $\varphi_k = \varphi_{\text{нівн}}$ (добирають з дод. А).

Примітка. При розрахунках за формулами (1.11) і (1.12) кути φ і λ необхідно перевести в радіани.

Послідовність обчислень:

1. Добираємо додаткові вихідні дані з дод. А. Для прикладу обчислень

$$R = 6364472 \text{ м (за аргументом } \varphi_{\text{півн}} = 25^\circ).$$

2. Розраховуємо координату X широт проєкції. Формула розрахунку для прикладу обчислень

$$X_i = \frac{100}{50000000} \times 6364472 \times \varphi_i \text{ (см, з переводом кута в радіани).}$$

3. Координату Y довгот проєкції не обчислюємо, а добираємо з табл. 1.5, оскільки в прямих циліндричних проєкціях параметри Y однакові й обчислюються за однією формулою.

4. З метою компактності побудови проєкції на папері проводимо перерахування координат X , Y за умови початку системи координат у точці перетину південної паралелі й західного меридіана заданої території.

5. Результати обчислень зводимо до табл. 1.6.

1.3 Конічні проєкції

За початок прямокутних координат конічної проєкції беруть точку перетину південної паралелі та середнього із заданих меридіана території.

1.3.1 Визначення параметрів рівновеликої конічної проєкції з двома стандартними паралелями φ_1 і φ_2 (січний конус)

Параметр α цієї проєкції обчислюють за формулою

$$\alpha = \frac{r_1^2 - r_2^2}{2R^2 (\sin \varphi_2 - \sin \varphi_1)}, \quad (1.13)$$

де r_1 , r_2 – радіуси паралелей з широтами φ_1 і φ_2 (добирають з дод. Б);
 R – середній радіус кривизни Землі на широті $\varphi_m = \frac{1}{2}(\varphi_1 + \varphi_2)$ (беруть з дод. А).

Плоскі полярні координати точок перетину меридіанів і паралелей обчислюють за формулами

$$\delta = \alpha \lambda ; \quad (1.14)$$

$$\rho = \frac{r}{\alpha} , \quad (1.15)$$

де λ – задана різниця довгот картографічної сітки; r – величина радіуса відповідної паралелі земної кулі (дод. Б).

Прямокутні координати цих точок обчислюють за формулами

$$X = \rho_{\text{півд}} - \rho \cos \delta ; \quad (1.16)$$

$$Y = \rho \sin \delta , \quad (1.17)$$

де $\rho_{\text{півд}}$ – радіус-вектор південної паралелі; ρ – радіус-вектор будь-якої з паралелей.

Примітка. Задля отримання координат X , Y у сантиметрах і масштабі проєкції до робочих формул (1.16) і (1.17) потрібно ввести додаткові коефіцієнти аналогічно формулам (1.5) і (1.6).

Послідовність обчислень:

1. Добираємо додаткові вихідні дані з дод. А і Б. Для прикладу обчислень

$$R = 6359714 \text{ м (за аргументом } \varphi = \frac{1}{2}(10^\circ + 20^\circ) = 15^\circ);$$

$$r_1 = 6281979 \text{ м (за аргументом } \varphi = 10^\circ);$$

$$r_2 = 5885938 \text{ м (за аргументом } \varphi = 20^\circ).$$

2. Визначаємо параметр α проєкції.

$$\alpha = \frac{6281979^2 - 5885938^2}{2 \times 6359714^2 \times (\sin 20^\circ - \sin 10^\circ)} = 0,2579.$$

3. Розраховуємо кут δ заданої різниці довгот сітки.

$$\delta = 0,2579 \times 10^\circ = 2,579^\circ.$$

4. За формулою (1.15) розраховуємо радіуси паралелей рамки та картографічної сітки проєкції, добираючи значення r з дод. Б за аргументом відповідної широти.

5. Розраховуємо прямокутні координати X , Y . Формули розрахунку

$$X = \frac{100}{50000000} \times (\rho_{нівд} - \rho \cos \delta), \text{ см}; \quad (1.18)$$

$$Y = \frac{100}{50000000} \times \rho \sin \delta, \text{ см}. \quad (1.19)$$

6. Усі отримані дані послідовно заносимо до табл. 1.7.

1.3.2 Визначення параметрів рівнопрямісної за меридіанами конічної проєкції з однією стандартною паралеллю $\varphi_{нівн}$ (дотичний конус)

Параметр α цієї проєкції обчислюють за формулою

$$\alpha = \sin \varphi_{нівн}. \quad (1.20)$$

Плоскі полярні координати точок перетину меридіанів і паралелей обчислюють за формулами

$$\delta = \alpha \lambda;$$

$$\rho_0 = R \operatorname{ctg} \varphi_{нівн}, \quad (1.21)$$

$$\rho = \rho_0 - R (\varphi - \varphi_{нівн}), \quad (1.22)$$

де ρ_0 – радіус паралелі дотику; ρ – радіус будь-якої іншої паралелі; R – радіус земної кулі, тотожної за поверхнею до еліпсоїда Красовського ($R = 6371116$ м).

Примітка. При розрахунках за формулою (1.22) кут $(\varphi - \varphi_{нівн})$ необхідно перевести в радіани.

Прямокутні координати цих точок обчислюють за формулами (1.16) і (1.17).

Послідовність обчислень:

1. Визначаємо параметр α проєкції. Для прикладу обчислень

$$\alpha = \sin 25^\circ = 0,4226.$$

2. Розраховуємо кут δ заданої різниці довгот сітки.

$$\delta = 0,4226 \times 10^\circ = 4,226^\circ.$$

3. За формулою (1.21) розраховуємо радіус паралелі дотику.

$$\rho_0 = 6\,371\,116 \times \operatorname{ctg} 25^\circ = 13\,662\,902 \text{ (м)}.$$

4. За формулою (1.22) розраховуємо радіуси інших паралелей (з переводом кута $(\varphi - \varphi_{нівн})$ в радіани).

5. Розраховуємо прямокутні координати X , Y . Формули розрахунку (1.18) і (1.19).

6. Усі отримані дані послідовно заносимо до табл. 1.8.

Зміст звіту

Розрахункова частина лабораторної роботи № 1 оформляється чорнилом або пастою в окремому зошиті у клітинку (з наведенням завдання і вихідних даних, зі стислим викладом методики обчислень, прикладу розрахунку параметрів проєкції та полярних і прямокутних координат, акуратним заповненням відомостей координат за зразком табл. 1.2 – 1.8). Графічну частину роботи креслять олівцем на аркушах паперу для креслення (формат А 4).

Таблиця 1.2 – Відомість обчислення координат X і Y картографічної сітки рівнокутної азимутальної проєкції (у сантиметрах побудови)

φ°	$\frac{90-\varphi}{2}$	$\rho, м$	$\delta, ^\circ$					
			150		160		170	
			X	Y	X	Y	X	Y
5	42,5	11676104	-20,22	11,68	-21,94	7,99	-23,00	4,06
10	40	10692002	-18,52	10,69	-20,09	7,31	-21,06	3,71
20	35	8922207	-15,45	8,92	-16,77	6,10	-17,57	3,10
25	32,5	8117697	-14,06	8,12	-15,26	5,55	-15,99	2,82

Таблиця 1.3 – Відомість обчислення координат X і Y картографічної сітки рівновеликої азимутальної проєкції (у сантиметрах побудови)

φ°	$\frac{90-\varphi}{2}$	$\rho, м$	$\delta, ^\circ$					
			150		160		170	
			X	Y	X	Y	X	Y
5	42,5	8608527	-14,91	8,61	-16,18	5,89	-16,96	2,99
10	40	8190549	-14,19	8,19	-15,39	5,60	-16,13	2,84
20	35	7308644	-12,66	7,31	-13,74	5,00	-14,40	2,54
25	32,5	6846396	-11,86	6,85	-12,87	4,68	-13,48	2,38

Таблиця 1.4 – Відомість обчислення координат X і Y картографічної сітки рівнопрямій азимутальної проєкції (у сантиметрах побудови)

φ°	$90 - \varphi,^\circ$	$\rho, м$	$\delta,^\circ$					
			150		160		170	
			X	Y	X	Y	X	Y
5	85	9451741	-16,37	9,45	-17,76	6,47	-18,62	3,28
10	80	8895756	-15,41	8,90	-16,72	6,09	-17,52	3,09
20	70	7783787	-13,48	7,78	-14,63	5,32	-15,33	2,70
25	65	7227802	-12,52	7,23	-13,58	4,94	-14,24	2,51

Таблиця 1.5 – Відомість обчислення координат X і Y картографічної сітки рівновеликої циліндричної проєкції (у сантиметрах побудови)

φ°	X	$X - X(\varphi_{нисд})$	λ°	Y	$Y - Y(\lambda_{зак})$
5	1,22	0	150	30,20	0
10	2,44	1,22	160	32,22	2,02
20	4,80	3,58	170	34,23	4,03
25	5,94	4,72			

Таблиця 1.6 – Відомість обчислення координат X і Y картографічної сітки рівнопрямій циліндричної проєкції (у сантиметрах побудови)

φ°	X	$X - X(\varphi_{нисд})$	λ°	Y	$Y - Y(\lambda_{зак})$
5	1,11	0	150	30,20	0
10	2,22	1,11	160	32,22	2,02
20	4,44	3,33	170	34,23	4,03
25	5,55	4,44			

Таблиця 1.7 – Відомість обчислення координат X і Y картографічної сітки рівновеликої конічної проєкції (у сантиметрах побудови)

φ°	$r, м$	$\rho, м$	Меридіан, $^\circ$					
			150		160		170	
			$\delta, ^\circ$					
			-2,579		0		2,579	
			X	Y	X	Y	X	Y
5	6354135	24637980	0,05	-2,22	0	0	0,05	2,22
10	6281979	24358197	0,61	-2,19	0,56	0	0,61	2,19
20	5995938	23249081	2,82	-2,09	2,78	0	2,82	2,09
25	5784112	22427732	4,47	-2,02	4,42	0	4,47	2,02

Таблиця 1.8 – Відомість обчислення координат X і Y картографічної сітки рівнопроміжної конічної проєкції (у сантиметрах побудови)

φ°	$\varphi - \varphi_{півн}^\circ$	$\rho, м$	Меридіан, $^\circ$					
			150		160		170	
			$\delta, ^\circ$					
			-4,226		0		4,226	
			X	Y	X	Y	X	Y
5	-20	15886841	0,09	-2,34	0	0	0,09	2,34
10	-15	15330856	1,20	-2,26	1,11	0	1,20	2,26
20	-5	14218887	3,41	-2,10	3,34	0	3,41	2,10
25	0	13662902	4,52	-2,01	4,45	0	4,52	2,01

Контрольні питання

1. Які наукові та практичні завдання вирішує математична картографія?
2. Які складові елементи топографічних карт належать до їх математичної основи?
3. Назвіть основні види масштабів на топографічних картах.
4. Що являє собою внутрішня рамка карти? Який вигляд вона зазвичай має?

5. Що таке паралелі?
6. Що таке меридіани?
7. Що таке широта? Відповідь супроводьте рисунком.
8. Що таке довгота? Відповідь супроводьте рисунком.
9. У яких координатних проєкціях застосовують плоскі полярні координати?
10. Що є картографічною сіткою проєкцій?
11. Що є основною умовою зображення в рівнокутних проєкціях?
12. Відобразіть схематично загальний вигляд прямої азимутальної проєкції. Укажіть на ній довільно вибрану точку та її плоскі полярні координати.
13. Відобразіть схематично загальний вигляд прямої циліндричної проєкції.
14. Відобразіть схематично загальний вигляд прямої конічної проєкції. Укажіть на ній довільно вибрану точку та її плоскі полярні координати.
15. Які види контролю картографічних робіт передбачено на етапі складання карти?
16. Які компоненти входять до складу картографічного паперу?
17. Що називають «композицією паперу»?
18. Назвіть основні марки картографічного паперу.

Література: [1, с. 37–53, 62–70], [2, с. 13–18, 20–23, 28–32, 47–57, 65–74, 77–87, 95–98, 123–130, 185–186, 195–198, 303–306], [3, с. 11–23, 49–53, 56–64, 71–94, 199–201, 212–216, 220–221, 227–229], [4, с. 5–18, 34–39], [5].

Лабораторна робота № 2

Тема. Підготовка даних математичної та геодезичної основи карти

Мета роботи: засвоєння студентами методики математичного і геодезичного обґрунтування карти та набуття практичних навичок перетворення координат із системи умовної у систему Гаусса-Крюгера, обчислення географічних координат за відомими координатами Гаусса-Крюгера, визначення номенклатури аркуша створюваної карти за міжнародною розграфкою.

Завдання. Перетворити координати пунктів знімального обґрунтування із системи умовної у систему Гаусса-Крюгера, обчислити географічні координати середньої точки картографованої ділянки, визначити номенклатуру аркуша створюваної карти (масштаб 1: 10 000). Вихідні дані для виконання завдання взяти з табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Вихідні дані для лабораторної роботи № 2

№ № пунктів	Умовна система координат		Система координат Гаусса-Крюгера	
	X'	Y'	X	Y
6	5 451,22	4 405,03	$5\ 663\ 493,41 + (3j\ 3)$	$71\ 829,95 - (2j\ 2)$
7	4 854,23	4 810,52	$5\ 662\ 800,30 + (4j\ 4)$	$72\ 031,17 - (3j\ 3)$
8	5 555,89	6 101,80	$5\ 663\ 068,70 + (5j\ 5)$	$73\ 476,15 - (2j\ 2)$
9	5 585,45	4 915,12		
15	5 328,24	4 644,84		
16	5 290,37	4 962,23		
17	5 206,48	5 870,74		
22	4 915,20	4 873,17		

Примітка. Цифра « j » таблиці відповідає останній цифрі номера залікової книжки студента.

Порядок виконання роботи

Дана лабораторна робота складається з трьох частин, пов'язаних спільними вихідними даними і послідовністю виконання роботи. При цьому результати попередніх розрахункових частин слугують основою наступних обчислень і визначень. Спочатку перетворюють координати із системи умовної у систему Гаусса-Крюгера, потім визначають географічні координати середньої точки ділянки, а насамкінець визначають номенклатуру аркуша створюваної карти.

2.1 Перетворення координат із системи умовної у систему Гаусса-Крюгера

Координати перетворюють на основі польової прив'язки кількох пунктів знімального обґрунтування до державної геодезичної мережі. Кількість таких пунктів має бути не меншою за три. При цьому бажано, щоб вони розміщувалися більш-менш рівномірно в межах картографованої ділянки (з різних її сторін).

Знаючи координати Гаусса-Крюгера X_i , Y_i пунктів прив'язки місцевої системи, можна обчислити координати X_0 , Y_0 деякої середньої точки Q картографованої ділянки як середньоарифметичні величини відповідно X_i та Y_i . Наприклад, за трьох відомих пунктів

$$X_0 = \frac{1}{3}(X_1 + X_2 + X_3), \quad (2.1)$$

$$Y_0 = \frac{1}{3}(Y_1 + Y_2 + Y_3). \quad (2.2)$$

Аналогічно визначають координати X_0' , Y_0' деякої середньої точки Q' у місцевій системі координат.

Беручи до уваги, що помилки польових геодезичних вимірювань і викривлень довжин у проекції Гаусса-Крюгера в межах шестиградусної зони не перевищують 1:10 000, можна вважати, що точкам Q і Q' на місцевості відповідає одна і та сама точка. На підставі цього подвійним розв'язанням

обернених геодезичних задач у трьох радіальних напрямках із середньої точки Q на пункти прив'язки визначають радіальні відстані S_1, S_2, S_3 і S_1', S_2', S_3' та дирекційні кути $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ і $\alpha_1', \alpha_2', \alpha_3'$.

$$\operatorname{tg} \alpha_i = \frac{\Delta Y_i}{\Delta X_i} = \frac{Y - Y_0}{X - X_0}; \quad (2.3)$$

$$S_i = \frac{\Delta X_i}{\cos \alpha_i} = \frac{\Delta Y_i}{\sin \alpha_i} = \sqrt{\Delta X_i^2 + \Delta Y_i^2}. \quad (2.4)$$

За отриманими даними обчислюють значення коефіцієнтів масштабного перетворення m_i , значення кутів повороту координатних осей φ_i та середні значення m і φ даного об'єкта.

Розрахункові формули:

$$m_i = \frac{S_i}{S_i'}, \quad (2.5)$$

$$\varphi_i = \alpha_i - \alpha_i', \quad (2.6)$$

$$m = \frac{1}{3}(m_1 + m_2 + m_3), \quad (2.7)$$

$$\varphi = \frac{1}{3}(\varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3). \quad (2.8)$$

Безпосередньо перетворення координат місцевої системи встановлюваних пунктів знімального обґрунтування зводиться до таких чотирьох подальших кроків:

1) розв'язання обернених геодезичних задач за радіальними напрямками із середньої точки Q' на ці пункти;

2) масштабного перетворення відстаней до пунктів, що визначаються;

3) розрахунку дирекційних кутів відповідних напрямків у проєкції Гаусса-Крюгера;

4) розв'язання прямих геодезичних задач на встановлювані пункти, тобто обчислення їх координат X, Y у державній системі.

Розрахункові формули – (2.3), (2.4) та

$$\alpha_n = \alpha'_n + \varphi, \quad (2.9)$$

$$S_n = m \times S'_n, \quad (2.10)$$

$$\Delta X_n = S_n \times \cos \alpha_n, \quad (2.11)$$

$$\Delta Y_n = S_n \times \sin \alpha_n, \quad (2.12)$$

$$X_n = X_0 + \Delta X_n, \quad (2.13)$$

$$Y_n = Y_0 + \Delta Y_n, \quad (2.14)$$

де n – номер пункту.

2.2 Визначення географічних координат середньої точки картографованої ділянки

У даному випадку роль середньої точки ділянки може відігравати точка Q . Географічні координати цієї точки – широту $B_{сер}$ і довготу $L_{сер}$ (розрахунок Гринвіча) – достатньо визначити з точністю $1 - 2''$ за формулами

$$B_{сер} = B_0 - \Delta B, \quad (2.15)$$

$$L_{сер} = L_0 + \ell, \quad (2.16)$$

де B_0 – широта відповідної точки, яка лежить на осьовому меридіані координатної зони ($\ell = 0$) і має абсцису, що дорівнює абсцисі X_0 точки Q у проекції Гаусса-Крюгера; ΔB – різниця широт відповідно до $B_{сер}$; L_0 – довгота осьового меридіана зони; ℓ – довгота точки Q відносно осьового меридіана зони.

Величини B_0 , ℓ і ΔB обчислюють послідовно за формулами

$$\delta B = \frac{X_0 - X_1}{X_2 - X_1} \times \Delta'', \quad (2.17)$$

$$B_0 = B_1 + \delta B, \quad (2.18)$$

$$U_0 = 1 - e^2 \times \sin^2 B_0, \quad (2.19)$$

$$r_0 = \frac{a \times \cos B_0}{U_0^{\frac{1}{2}}}, \quad (2.20)$$

$$\ell'' = \frac{Y_0}{r_0} \times \rho'', \quad (2.21)$$

$$M_0 = \frac{a \times (1 - e^2)}{U_0^{\frac{3}{2}}}, \quad (2.22)$$

$$\Delta B = \frac{Y_0 \times \ell''}{2 \times M_0}, \quad (2.23)$$

де X_0, Y_0 – координати Гаусса-Крюгера точки Q , обчислені в кілометрах до сотих знака; X_1, X_2 – близькі до координати X_0 табличні значення абсцис точок осьового меридіана ($\ell = 0$), які розташовані південніше (широта B_1) і північніше (широта B_2); δB – різниця широт відповідно до B_0 ; Δ'' – табличний крок широти, виражений у секундах (у даній роботі $\Delta'' = 75''$); r_0, M_0 – радіуси кривизни відповідно паралелі та меридіана у точці з широтою B_0 ; a – велика напіввісь еліпсоїда Красовського; e – ексцентриситет меридіанного еліпса; ρ'' – модуль переходу від радіан у секунди

$$\left[\rho'' = \frac{360 \times 60 \times 60}{2\pi} (\text{сек}) = \frac{648000}{\pi} (\text{сек}) \right]. \quad (2.24)$$

Примітки:

1. Для всіх варіантів самостійного завдання величини B_1, B_2, X_1 та X_2 однакові й відповідають прийнятим у прикладі обчислень (див. розд. 2.2).

2. Довгота осьового меридіана шестиградусної зони $L_0 = (6^\circ \times n) - 3^\circ$, де n – номер зони. Для самостійного завдання величина n відповідає останній цифрі номера залікової книжки студента (за останньої цифри «0» беруть $n = 10$).

2.3 Визначення номенклатури аркуша створюваної карти

В основу розграфки номенклатурних карт покладено аркуші масштабу 1:1 000 000. Рамки трапецій цих аркушів за широтою рівні 4° , а за довготою – 6° .

Номенклатура аркуша 1:1 000 000 складається з відповідної позначки ряду широт (велика літера латинського алфавіту від *A* до *V*) і номера колони (арабська цифра, за відліком від меридіана 180° у напрямку захід-схід).

Аркуш масштабу 1:1 000 000 поділяється на 144 аркуші масштабу 1:100 000, номенклатура яких доповнюється арабськими цифрами від *1* до *144*. Рамки трапецій аркуша 1:100 000 за широтою рівні $20'$, а за довготою – $30'$.

Аркуш масштабу 1:100 000 охоплює 4 аркуші масштабу 1:50 000, з доповненням їх номенклатури великими літерами українського алфавіту *A, Б, В, Г*. Рамки трапецій аркуша 1:50 000 за широтою рівні $10'$, а за довготою – $15'$.

Аркуш масштабу 1:50 000 вміщує 4 аркуші масштабу 1:25 000, з додатковим номенклатурним позначенням останніх малими літерами українського алфавіту *a, б, в, г*. Рамки трапецій аркуша 1:25 000 за широтою рівні $5'$, а за довготою – $7'30''$.

І, нарешті, аркуш масштабу 1:25 000 охоплює 4 аркуші масштабу 1:10 000, номенклатура яких доповнюється арабськими цифрами *1, 2, 3, 4*. Рамки трапецій аркуша 1:10 000 за широтою рівні $2'30''$, а за довготою – $3'45''$.

При виконанні самостійного завдання потрібно пам'ятати, що карти масштабу 1:10 000 будуються у шестиградусній зоні проекції Гаусса-Крюгера і рахунок зон ведеться від Гринвіча. Номер зони визначається за формулою

$$n = N - 30, \quad (2.25)$$

де N – номер колони аркушів масштабу 1:1 000 000.

2.4 Вихідні дані прикладу обчислень

У прикладі обчислень координати пунктів знімального обґрунтування 6, 7, 8, 9, 15, 16, 17, 22 в умовній системі координат (X' , Y') відповідають даним табл. 2.1. Для трьох пунктів, які є пунктами прив'язки знімального обґрунтування, отримано координати Гаусса-Крюгера (X , Y):

$$\text{п. 6} - X_6 = 5\,663\,493,41; \quad Y_6 = 71\,829,95;$$

$$\text{п. 7} - X_7 = 5\,662\,800,30; \quad Y_7 = 72\,031,17;$$

$$\text{п. 8} - X_8 = 5\,663\,068,70; \quad Y_8 = 73\,476,15.$$

Картографована ділянка з півдня та півночі обмежена наступними параметрами B_1 , B_2 , X_1 , X_2 :

$$B_1 = 51^\circ 05' 00''; \quad X_1 = 5\,661,46;$$

$$B_2 = 51^\circ 06' 15''; \quad X_2 = 5\,663,77.$$

Довгота осьового меридіана шестиградусної зони ділянки $L_0 = 33^\circ 00' 00''$.

Зміст звіту

Лабораторна робота № 2 повністю оформляється в зошиті у клітинку (з наведенням завдання і вихідних даних, зі стислим викладом методики обчислень, акуратним заповненням формулярів за зразком табл. 2.2 – 2.4 і з накресленням необхідних рисунків на останніх аркушах роботи). Тильна сторона аркушів з рисунками повинна бути вільною від написів.

Оформлення рисунків до визначення номенклатури аркуша створюваної карти є обов'язковим. Основними елементами цих рисунків мають бути: рамка планшету, його номенклатура, широта і довгота кутів рамки, внутрішнє розграфлення. Назви рисунків – за зразком рис. 2.1 – 2.4.

Зразки звітних таблиць 2.2 – 2.4 наведено з даними прикладу обчислень для пунктів знімального обґрунтування 6, 7, 8, 9 та середньої точки картографованої ділянки. Таблиця 2.2 – Формуляр обчислення параметрів середніх точок місцевої (Q') та державної (Q) систем координат і величин m і φ картографованої ділянки

Обчислювальні дії			Формули
1. Обчислення координат точки Q (проекція Гаусса-Крюгера)			
Пункт 6	$X_6 = 5663493,41$	$Y_6 = 71829,95$	2.1, 2.2
7	$X_7 = 5662800,30$	$Y_7 = 72031,17$	
8	$X_8 = 5663068,70$	$Y_8 = 73476,15$	
Точка Q	$X_0 = 5663120,80$	$Y_0 = 72445,76$	
2. Обчислення величин S_i і α_i			
$Q \rightarrow 6$	$\Delta X_6 = + 372,61$ $\alpha_6 = (- 58,82300) = 301,17700^\circ$	$\Delta Y_6 = - 615,81$ $S_6 = 719,76$	2.3, 2.4
$Q \rightarrow 7$	$\Delta X_7 = - 320,50$ $\alpha_7 = (52,29408) = 232,29408^\circ$	$\Delta Y_7 = - 414,59$ $S_7 = 524,03$	
$Q \rightarrow 8$	$\Delta X_8 = - 52,10$ $\alpha_8 = (- 87,10540) = 92,89460^\circ$	$\Delta Y_8 = + 1030,39$ $S_8 = 1031,71$	
3. Обчислення координат точки Q' (місцева система)			
Пункт 6	$X'_6 = 5451,22$	$Y'_6 = 4405,03$	2.1, 2.2
7	$X'_7 = 4854,23$	$Y'_7 = 4810,52$	
8	$X'_8 = 5555,89$	$Y'_8 = 6101,80$	
Точка Q'	$X'_0 = 5287,11$	$Y'_0 = 5105,78$	
4. Обчислення величин S'_i і α'_i			
$Q' \rightarrow 6$	$\Delta X'_6 = + 164,11$ $\alpha'_6 = (- 76,81933) = 283,18067^\circ$	$\Delta Y'_6 = - 700,75$ $S'_6 = 719,71$	2.3, 2.4
$Q' \rightarrow 7$	$\Delta X'_7 = - 432,88$ $\alpha'_7 = (34,29723) = 214,29723^\circ$	$\Delta Y'_7 = - 295,26$ $S'_7 = 523,99$	
$Q' \rightarrow 8$	$\Delta X'_8 = + 268,78$ $\alpha'_8 = (74,89822) = 74,89822^\circ$	$\Delta Y'_8 = + 996,02$ $S'_8 = 1031,65$	

Продовження таблиці 2.2

Обчислювальні дії			Формули
5. Обчислення величин m і φ			
Пункт 6	$m_6 = 1,0000695$	$\varphi_6 = 17,99633^\circ$	2.5, 2.6
7	$m_7 = 1,0000763$	$\varphi_7 = 17,99685^\circ$	
8	$m_8 = 1,0000582$	$\varphi_8 = 17,99638^\circ$	
Середнє	$m = 1,0000680$	$\varphi = 17,99652^\circ$	2.7, 2.8

Таблиця 2.3 – Формуляр перетворення координат пунктів знімального обґрунтування із системи умовної у систему Гаусса-Крюгера

Обчислювальні дії			Формули
Пункт 9	$X'_9 = 5585,45$	$Y'_9 = 4915,12$	2.3
	$\Delta X'_9 = + 298,34$	$\Delta Y'_9 = - 190,66$	
	$\alpha'_9 = (- 32,58141) = 327,41859^\circ$	$S'_9 = 354,06$	2.3, 2.4
	$\alpha_9 = 345,41511^\circ$	$S_9 = 354,08$	2.9, 2.10
	$\Delta X_9 = + 342,67$	$\Delta Y_9 = - 89,16$	2.11, 2.12
	$X_9 = 5\ 663\ 463,47$	$Y_9 = 72\ 356,60$	2.13, 2.14
Пункти 15, 16, 17, 22	Аналогічно		

Примітки:

1. Вихідні дані для розрахунків беруть з табл. 2.1 і 2.2 (у прикладі обчислень $X'_9 = 5585,45$; $Y'_9 = 4915,12$; $X_0 = 5\ 663\ 120,80$; $Y_0 = 72\ 445,76$; $X'_0 = 5\ 287,11$; $Y'_0 = 5\ 105,78$; $m = 1,0000680$; $\varphi = 17,99652^\circ$).

2. Пункти 15, 16, 17, 22 обчислюють аналогічно пункту 9.

3. Координати Гауса-Крюгера пунктів 9, 15, 16, 17, 22 заносять до табл. 2.1, яка водночас є і звітною.

Таблиця 2.4 – Формуляр обчислення географічних координат середньої точки картографованої ділянки

Обчислювальні дії	Формули
1. Обчислення широти B_0 (інтерполяція)	
$B_1 = 51^\circ 05' 00''$ $X_1 = 5\,661,46$ $B_2 = 51^\circ 06' 15''$ $X_2 = 5\,663,77$ $X_0 - X_1 = 1,66$ $X_2 - X_1 = 2,31$ $\delta B = 54''$ $B_0 = 51^\circ 05' 54'' = 51,0983^\circ$	 2.17 2.18
2. Обчислення ℓ	
$U_0 = 0,9959$	2.19
$r_0 = 4014$ км	2.20
$\ell'' = 3723''$ $\ell = 1^\circ 02' 03''$	2.21
3. Обчислення ΔB	
$M_0 = 6375$ км	2.22
$\Delta B = 21''$	2.23
4. Обчислення координат $B_{сер}$ і $L_{сер}$	
$B_0 = 51^\circ 05' 54''$ $L_0 = 33^\circ 00' 00''$ $B_{сер} = 51^\circ 05' 33''$ $L_{сер} = 34^\circ 02' 03''$	 2.15, 2.16

Примітка. Вихідними даними для розрахунків є X_0 і Y_0 з табл. 2.1 та параметри Δ'' , a і e^2 з картографічних таблиць (у прикладі обчислень $X_0 = 5\,663,12$ км; $Y_0 = 72,45$ км; $\Delta'' = 75''$; $a = 6\,378,24$ км; $e^2 = 0,00669343$; $a \times (1 - e^2) = 6\,335,55$ км).

М – 36

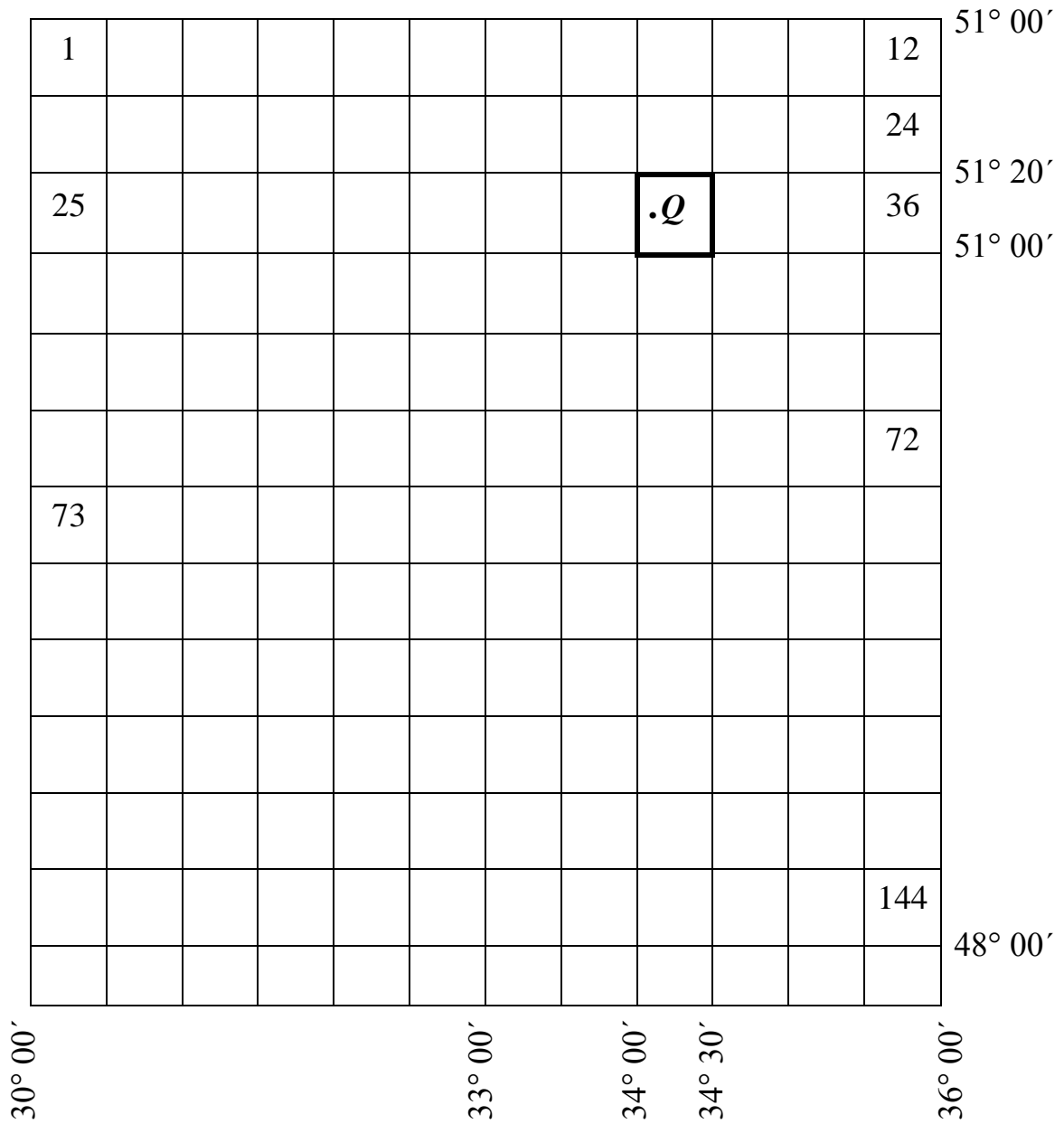


Рисунок 2.1 – Розграфлення аркуша М – 36 на аркуші карти масштабу 1:100 000 (точка *Q* з координатами $B = 51^{\circ}05'33''$, $L = 34^{\circ}02'03''$)

М-36-33

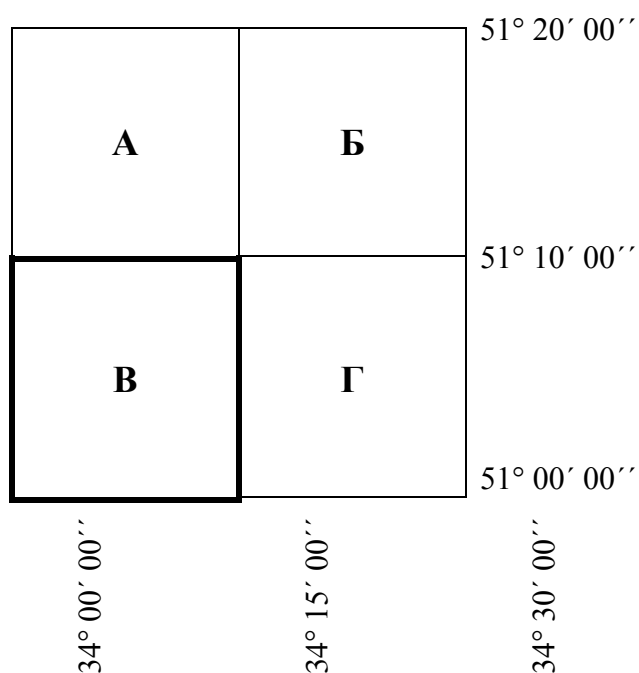


Рисунок 2.2 – Розграфлення аркуша М – 36 – 33 на аркуші карти масштабу 1:50 000 (координати середньої точки картографованої ділянки – $B = 51^{\circ}05'33''$, $L = 34^{\circ}02'03''$)

М-36-33-В

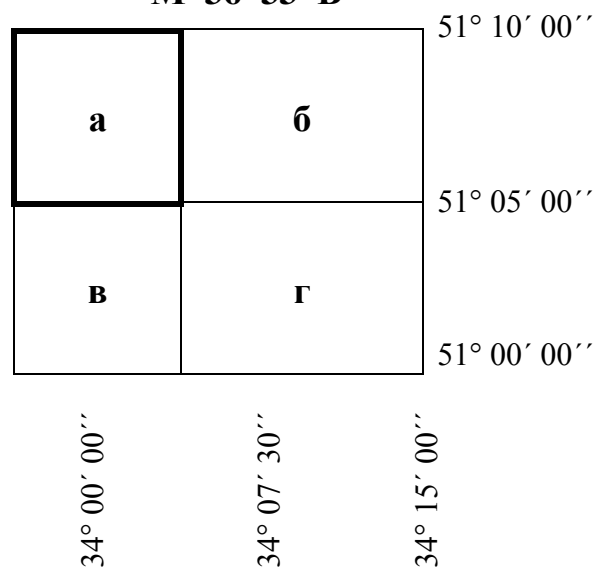


Рисунок 2.3 – Розграфлення аркуша М – 36 – 33 – В на аркуші карти масштабу 1:25 000 (координати середньої точки картографованої ділянки – $B = 51^{\circ}05'33''$, $L = 34^{\circ}02'03''$)

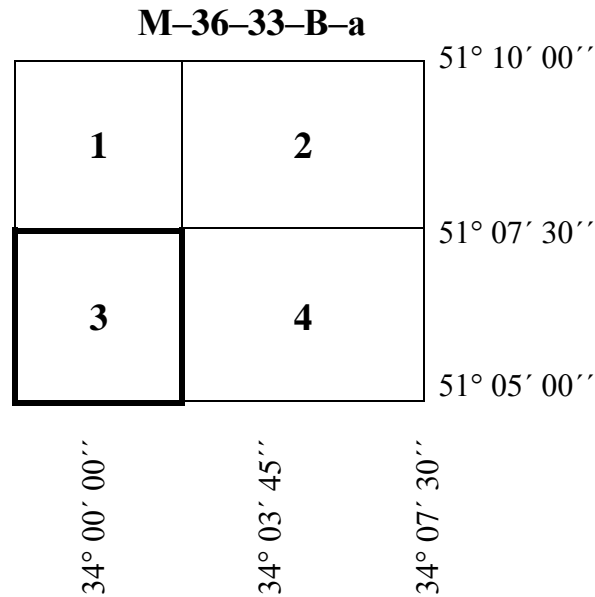


Рисунок 2.4 – Визначення номенклатури аркуша створюваної карти масштабу 1:10 000 на основі розграфлення аркуша М – 36 – 33 – В – а (координати середньої точки картографованої ділянки – $B = 51^{\circ}05'33''$, $L = 34^{\circ}02'03''$)

Визначення номенклатури аркуша (або аркушів) створюваної карти починають з визначення номенклатури аркуша карти масштабу 1:1 000 000, у межах якого розміщено картографовану ділянку.

У розглянутому прикладі обчислень (за географічних координат середньої точки ділянки $B_{сер} = 51^{\circ}05'33''$, $L_{сер} = 34^{\circ}02'03''$) аркуш масштабу 1:1 000 000 має номенклатуру М-36 (широти і довготи його рамок і розграфлення на аркуші топографічної карти масштабу 1:100 000 вказані на рис. 2.1). Точка Q , а отже, і картографована ділянка, розміщені у межах аркуша М-36-33 масштабу 1:100 000. Побудувавши окремо схему розграфлення цього аркуша на аркуші карти масштабу 1:50 000, 1:25 000 та 1:10 000 (рис. 2.2 – 2.4), визначаємо номенклатуру аркуша створюваної карти. Для прикладу обчислень це аркуш М – 36 – 33 – В – а – 3.

Примітка. При оформленні самостійного завдання необхідно обов'язково накреслити схему розграфлення відповідного аркуша масштабу 1:1 000 000 на аркуші карти масштабу 1:100 000 та схему розграфлення відповідного аркуша

масштабу 1:100 000 на аркуші карт масштабу 1:50 000, 1:25 000 і 1:10 000 з виділенням аркуша створюваної карти (аналогічно рис. 2.1 – 2.4).

Контрольні питання

1. Назвіть основні елементи земного еліпсоїда.
2. Що слугує геодезичною основою карт?
3. Що таке географічні координати? Відповідь супроводьте рисунками.
4. Яких значень можуть набувати широта і довгота?
5. До якого виду картографічних проєкцій за виглядом меридіанів і паралелей картографічної сітки належить проєкція Гаусса-Крюгера?
6. Якою є проєкція Гаусса-Крюгера за характером спотворень?
7. Який вигляд мають меридіани у проєкції Гаусса-Крюгера?
8. Який вигляд мають паралелі у проєкції Гаусса-Крюгера?
9. Аркуші якого масштабу покладено в основу розграфлення номенклатурних карт? Якими є розміри трапецій цих аркушів за широтою і довготою?
10. Скільки аркушів масштабу 1:100 000 вміщує один аркуш масштабу 1:1 000 000?
11. Скільки аркушів масштабу 1:50 000 вміщує один аркуш масштабу 1:1 000 000?
12. Аркуш якого масштабу має номенклатуру на кшталт К–35–21–Г–б?

Література: [1, с. 37–40], [2, с. 18–23, 98–100,], [3, с. 49–53, 64–70, 104–108, 141], [4, с. 19–32].

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Берлянт А. М. Картографія: учебник для вузов. М.: Аспект Пресс, 2002. 336 с.
2. Гараевская Л. С. Картографія. М.: Недра, 1971. 360 с.
3. Лашко С. П., Шелковська І. М. Картографія. Лекційний курс: навч. посібник. Харків: ТОВ «Друкарня Мадрид», 2016. 274 с.
4. Методичні вказівки щодо виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Картографія» для студентів денної та заочної форм навчання за напрямом 6.080101 – «Геодезія, картографія та землеустрій» (у тому числі скорочений термін навчання) / [укл. С. П. Лашко]. Кременчук: КрНУ, 2014. 40 с.
5. Методичні вказівки щодо виконання розрахунково-графічної роботи «Розрахунок і побудова картографічних проекцій» для студентів денної та заочної форм навчання за напрямом 6.080101 – «Геодезія, картографія та землеустрій» (у тому числі скорочений термін навчання) / [укл. С. П. Лашко]. Кременчук: КрНУ, 2015. 27 с.

Середні радіуси кривизни Землі R (у метрах)

φ	R	φ	R	φ	R
1	2	1	2	1	2
0°00′	6 356 863	12°00′	6 358 703	24°00′	6 363 910
30′	6 356 866	30′	6 358 857	30′	6 364 189
1°00′	6 356 876	13°00′	6 359 017	25°00′	6 364 472
30′	6 356 892	30′	6 359 183	30′	6 364 759
2°00′	6 356 915	14°00′	6 359 354	26°00′	6 365 050
30′	6 356 944	30′	6 359 532	30′	6 365 346
3°00′	6 356 980	15°00′	6 359 714	27°00′	6 365 645
30′	6 357 022	30′	6 359 903	30′	6 365 948
4°00′	6 357 070	16°00′	6 360 097	28°00′	6 366 255
30′	6 357 125	30′	6 360 297	30′	6 366 566
5°00′	6 357 186	17°00′	6 360 502	29°00′	6 366 879
30′	6 357 254	30′	6 360 713	30′	6 367 197
6°00′	6 357 328	18°00′	6 360 929	30°00′	6 367 518
30′	6 357 408	30′	6 361 150	30′	6 367 843
7°00′	6 357 495	19°00′	6 361 376	31°00′	6 368 170
30′	6 357 588	30′	6 361 608	30′	6 368 500
8°00′	6 357 687	20°00′	6 361 844	32°00′	6 368 834
30′	6 357 793	30′	6 362 086	30′	6 369 170
9°00′	6 357 904	21°00′	6 362 332	33°00′	6 369 510
30′	6 358 022	30′	6 362 583	30′	6 369 851
10°00′	6 358 146	22°00′	6 362 840	34°00′	6 370 196
30′	6 358 276	30′	6 363 100	30′	6 370 543
11°00′	6 358 412	23°00′	6 363 366	35°00′	6 370 892
30′	6 358 555	30′	6 363 636	30′	6 371 244

Продовження додатку А

φ	R	φ	R	φ	R
1	2	1	2	1	2
36°00′	6 371 597	48°00′	6 380 449	60°00′	6 388 936
30′	6 371 953	30′	6 380 820	30′	6 389 259
37°00′	6 372 311	49°00′	6 381 191	61°00′	6 389 579
30′	6 372 671	30′	6 381 561	30′	6 389 895
38°00′	6 373 032	50°00′	6 381 930	62°00′	6 390 208
30′	6 373 395	30′	6 382 298	30′	6 390 517
39°00′	6 373 759	51°00′	6 382 665	63°00′	6 390 823
30′	6 374 125	30′	6 383 031	30′	6 391 125
40°00′	6 374 492	52°00′	6 383 395	64°00′	6 391 422
30′	6 374 860	30′	6 383 757	30′	6 391 716
41°00′	6 375 230	53°00′	6 384 118	65°00′	6 392 006
30′	6 375 600	30′	6 384 477	30′	6 392 291
42°00′	6 375 971	54°00′	6 384 834	66°00′	6 392 572
30′	6 376 343	30′	6 385 190	30′	6 392 849
43°00′	6 376 715	55°00′	6 385 543	67°00′	6 393 122
30′	6 377 088	30′	6 385 894	30′	6 393 390
44°00′	6 377 462	56°00′	6 386 242	68°00′	6 393 653
30′	6 377 835	30′	6 386 589	30′	6 393 911
45°00′	6 378 209	57°00′	6 386 932	69°00′	6 394 165
30′	6 378 583	30′	6 387 273	30′	6 394 414
46°00′	6 378 957	58°00′	6 387 612	70°00′	6 394 658
30′	6 379 330	30′	6 387 947	30′	6 394 897
47°00′	6 379 703	59°00′	6 388 280	71°00′	6 395 131
30′	6 380 076	30′	6 388 609	30′	6 395 360

Закінчення додатку А

φ	R	φ	R	φ	R
1	2	1	2	1	2
72°00′	6 395 584	79°00′	6 398 129	86°00′	6 399 489
30′	6 395 802	30′	6 398 267	30′	6 399 538
73°00′	6 396 014	80°00′	6 398 399	87°00′	6 399 581
30′	6 396 222	30′	6 398 524	30′	6 399 617
74°00′	6 396 424	81°00′	6 398 644	88°00′	6 399 646
30′	6 396 621	30′	6 398 757	30′	6 399 669
75°00′	6 396 811	82°00′	6 398 864	89°00′	6 399 686
30′	6 396 997	30′	6 398 964	30′	6 399 696
76°00′	6 397 176	83°00′	6 399 058	90°00′	6 399 699
30′	6 397 350	30′	6 399 146		
77°00′	6 397 518	84°00′	6 399 228		
30′	6 397 679	30′	6 399 303		
78°00′	6 397 835	85°00′	6 399 371		
30′	6 397 985	30′	6 399 433		

Радіуси паралелей земної кулі r (у метрах)

φ	r	φ	r	φ	r
1	2	1	2	1	2
0°00′	6 378 245	12°00′	6 239 768	24°00′	5 830 046
30′	6 378 004	30′	6 228 032	30′	5 807 299
1°00′	6 377 280	13°00′	6 215 824	25°00′	5 784 112
30′	6 376 074	30′	6 203 145	30′	5 760 484
2°00′	6 374 385	14°00′	6 189 996	26°00′	5 736 419
30′	6 372 215	30′	6 176 379	30′	5 711 918
3°00′	6 369 562	15°00′	6 162 293	27°00′	5 686 982
30′	6 366 428	30′	6 147 740	30′	5 661 614
4°00′	6 362 812	16°00′	6 132 722	28°00′	5 635 815
30′	6 358 714	30′	6 117 239	30′	5 609 587
5°00′	6 354 135	17°00′	6 101 282	29°00′	5 582 932
30′	6 349 076	30′	6 084 882	30′	5 555 852
6°00′	6 343 536	18°00′	6 068 011	30°00′	5 528 349
30′	6 337 516	30′	6 050 680	30′	5 500 426
7°00′	6 331 017	19°00′	6 032 890	31°00′	5 472 083
30′	6 324 039	30′	6 014 642	30′	5 443 324
8°00′	6 316 582	20°00′	5 995 938	32°00′	5 414 149
30′	6 308 647	30′	5 976 778	30′	5 384 562
9°00′	6 300 234	21°00′	5 957 166	33°00′	5 354 565
30′	6 291 345	30′	5 937 101	30′	5 324 159
10°00′	6 281 979	22°00′	5 916 585	34°00′	5 293 347
30′	6 272 138	30′	5 895 620	30′	5 262 132
11°00′	6 261 822	23°00′	5 874 208	35°00′	5 230 514
30′	6 251 031	30′	5 852 349	30′	5 198 498

Продовження додатку Б

φ	r	φ	r	φ	r
1	2	1	2	1	2
36°00′	5 166 085	48°00′	4 275 789	60°00′	3 197 158
30′	5 133 278	30′	4 234 309	30′	3 148 791
37°00′	5 100 079	49°00′	4 192 505	61°00′	3 100 182
30′	5 066 490	30′	4 150 378	30′	3 051 333
38°00′	5 032 514	50°00′	4 107 933	62°00′	3 002 248
30′	4 998 153	30′	4 065 171	30′	2 952 932
39°00′	4 963 410	51°00′	4 022 098	63°00′	2 903 387
30′	4 928 288	30′	3 978 715	30′	2 853 618
40°00′	4 892 790	52°00′	3 935 026	64°00′	2 803 629
30′	4 856 916	30′	3 891 034	30′	2 753 423
41°00′	4 820 671	53°00′	3 846 744	65°00′	2 703 003
30′	4 784 058	30′	3 802 157	30′	2 652 376
42°00′	4 747 078	54°00′	3 757 287	66°00′	2 601 542
30′	4 709 732	30′	3 712 109	30′	2 550 508
43°00′	4 672 031	55°00′	3 666 654	67°00′	2 499 276
30′	4 633 970	30′	3 620 918	30′	2 447 851
44°00′	4 595 553	56°00′	3 574 902	68°00′	2 396 237
30′	4 556 784	30′	3 528 611	30′	2 344 437
45°00′	4 517 666	57°00′	3 482 047	69°00′	2 292 455
30′	4 478 202	30′	3 435 216	30′	2 240 296
46°00′	4 438 394	58°00′	3 388 120	70°00′	2 187 964
30′	4 398 246	30′	3 340 762	30′	2 135 462
47°00′	4 357 760	59°00′	3 293 147	71°00′	2 082 794
30′	4 316 940	30′	3 245 277	30′	2 029 966

Закінчення додатку Б

φ	r	φ	r	φ	r
1	2	1	2	1	2
72°00′	1 976 980	79°00′	1 220 970	86°00′	446 413
30′	1 923 841	30′	1 166 122	30′	390 687
73°00′	1 870 552	80°00′	1 111 183	87°00′	334 931
30′	1 817 119	30′	1 056 158	30′	279 149
74°00′	1 763 545	81°00′	1 001 051	88°00′	223 345
30′	1 709 834	30′	945 866	30′	167 524
75°00′	1 655 990	82°00′	890 608	89°00′	111 690
30′	1 602 018	30′	835 280	30′	55 847
76°00′	1 547 922	83°00′	779 888	90°00′	0
30′	1 493 706	30′	724 435		
77°00′	1 439 374	84°00′	668 926		
30′	1 384 930	30′	613 365		
78°00′	1 330 378	85°00′	557 756		
30′	1 275 724	30′	502 104		

Критерії оцінювання лабораторних робіт

Номер роботи	Тема	Критерії оцінювання	Оцінки у балах	Максимальний бал
1	Розрахунок і побудова картографічних проєкцій	Виконання роботи Захист звіту	3 2	5
2	Підготовка даних математичної та геодезичної основи карти	Виконання роботи Захист звіту	3 2	5
Усього:				10

Методичні вказівки щодо виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Картографія» для студентів денної та заочної форм навчання зі спеціальності 193 – «Геодезія та землеустрій» освітнього ступеня «Бакалавр»

Укладач к. геол. н., доц. С. П. Лашко

Відповідальний за випуск зав. кафедри геодезії, землевпорядкування та кадастру проф. В. В. Артамонов

Підп. до др. _____. Формат 60x84 1/16. Папір тип. Друк ризографія.
Ум. друк. арк. _____. Наклад 6 прим. Зам. № _____. Безкоштовно.

Редакційно-видавничий відділ
Кременчуцького національного університету
імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600