МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

ДО ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ
З ДИСЦИПЛІНИ

«ОСНОВИ ГЕОДЕЗІЇ»

(для виконання першого практичного модуля)

103 «Науки про Землю»

(шифр та назва спеціальності)

Одеса – 2019

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

ДО ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ
З ДИСЦИПЛІНИ

«ОСНОВИ ГЕОДЕЗІЇ»

(для виконання першого практичного модуля)

103 «Науки про Землю»

(шифр та назва спеціальності)

"Затверджено"
на засіданні методичної комісії
природоохоронного факультету
Протокол № 8 від 23.05.2019 р.

Одеса – 2019

Методичні вказівки до проведення лабораторних робіт з дисципліни **«Основи геодезії»** (для виконання першого практичного модуля) для підготовки студентів за спеціальністю 103 «Науки про Землю» / к. геогр. н., доц. Гриб О.М., к. геогр. н., ст. викл. Пилип'юк В.В., ст. викл. Балан Г.К., ст. викл. Яров Я.С., ас. Гращенкова Т.В. / Одеса: ОДЕКУ, 2019. 32 с.

ЗМІСТ

ВСТУП……..4

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1.
Тема. Вивчення масштабів, побудова лінійного і поперечного масштабів...5

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2.
Тема. Визначення географічних і прямокутних координат по карті……..…8

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3.
Тема. Визначення кутів орієнтування і площин по топографічний карті...19

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ……...31

ВСТУП

Методичні вказівки розроблені для виконання першого практичного модуля по дисципліні «Основи геодезії», який включає в себе виконання трьох лабораторних робіт.

На всіх етапах гідрометеорологічних робіт виникає необхідність виконати геодезичні роботи або скористатися їх результатами.

Так, проектування природоохоронних заходів виконується з використанням топографічних карт, результати гідрометеорологічних робіт також наносяться на топографічну основу.

Невід'ємною частиною робіт з охорони навколишнього середовища є прив'язка забруднених об'єктів, топографічна зйомка окремих ділянок місцевості.

Великий об'єм геодезичних робіт виконується при підрахунку величини витрат на очищення або поліпшення стану тієї або іншої території. Для вирішення цих завдань студент повинен мати знання в області геодезії і топографії.

Метою методичних вказівок є вивчення студентами основ геодезії, придбання досвіду в користуванні топографічними картами при вирішенні по ним різних завдань, а також при роботі на місцевості.

Перед виконанням лабораторної роботи слід ознайомитися з теоретичним матеріалом, викладеним в методичці.

В процесі виконання лабораторних робіт, студенти вивчають основні поняття, геодезії фігуру Землі, системи координат, карти, плани, будову геодезичних приладів.

Перед виконанням лабораторної роботи студенту слід ознайомитися з викладеним теоретичним матеріалом, відповісти на запитання. Потім виконати практичну частину і оформити лабораторну роботу. Оцінювання виконаної лабораторної роботи проводиться згідно з робочою програмою по дисципліні «Основи геодезії»:

– виконання лабораторної роботи № 1 оцінюється у 60 балів;

– усне опитування під час захисту лабораторної роботи № 1 оцінюється у 40 балів;

– виконання лабораторної роботи № 2 оцінюється у 60 балів;

– усне опитування під час захисту лабораторної роботи № 2 оцінюється у 40 балів;

– виконання лабораторної роботи № 3 оцінюється у 60 балів;

– усне опитування під час захисту лабораторної роботи № 3 оцінюється у 40 балів;

Максимальна сума балів за перший практичний модуль становить 300 балів.

Лабораторна робота № 1

Тема. Вивчення масштабів, побудова лінійного і поперечного масштабів

1.1 Теоретична частина

Масштабом плану називають відношення відрізка ***l*** на плані до горизонтального прокладення **S** відповідної лінії місцевості, тобто

$$1/M = l/S \qquad (1.1)$$

де **M** - знаменник масштабу (кратність зменшення). Масштаб плану однаковий у всіх його точках. Масштаб карти в кожній точці має своє приватне значення, що залежить від широти і довготи даної точки. Тому його суворою числовою характеристикою є частковий масштаб - відношення нескінченно малого відрізка Δl на карті до довжини відповідного нескінченно малого відрізка ΔS на поверхні еліпсоїда. Однак при практичних вимірюваннях на карті використовують її головний масштаб, що визначається формулою (1), де знаменник M показує, у скільки разів зменшені в середньому розміри еліпсоїда при його зображенні на карті.

Масштаб може бути виражений в чисельній, іменованій і графічній (лінійній або поперечній) формах.

Чисельний масштаб виражають дробом, в якому чисельник - одиниця, а знаменник M:

$$1:M. \qquad (1.2)$$

Число **M** називається ***знаменником масштабу*** і показує, у скільки разів зменшені лінії місцевості при їх зображенні на карті (плані).

Стандартними для карт є чисельні масштаби: 1:1000000, 1:500000, 1:300000, 1:200000, 1:100000, 1:50000, 1:25000, 1:1000.

Основними масштабами топографічних планів є: 1:5000, 1:2000, 1:1000 і 1:500.

При порівнянні різних чисельних масштабів більш дрібним є той, у якого більше знаменник M, і, навпаки, чим менше знаменник M, тим крупніше масштаб плану або карти. Так, масштаб 1: 1000 крупніше, ніж масштаб 1:100000, а масштаб 1:5000 дрібніше за масштаб 1:1000.

Іменований масштаб являє собою словесну інтерпретацію чисельного. Оскільки довжини на місцевості прийнято вимірювати в метрах, а на планах і картах - в сантиметрах, то словесна форма, наприклад, для чисельного масштабу 1:5000 виражається так:

«У одному сантиметрі 50 метрів». Оскільки 1 метр рівний 100 см, то число метрів місцевості, що міститься в 1 см карти або плану легко визначають шляхом розподілу знаменника чисельного масштабу на 100 [1].

Лінійний масштаб являє собою графік у вигляді відрізка прямої, розділеної на рівні частини з підписаними значеннями пропорційних ним довжин ліній місцевості. Лінійний масштаб дозволяє без обчислень вимірювати або будувати відстані на картах і планах.

Для побудови лінійного масштабу вибирають основу масштабу, яка відповідає круглому числу метрів на місцевості. Прийнявши за основу масштабу відрізок в 1см (іноді 2 см), відкладають на прямій його кілька разів і підписують. Ліву частину поділять на п'ять або десять частин (рис. 1.1).

Узявши відстань на плані (карті) в розтин циркуля-вимірника, одну його ніжку встановлюють на штрих, що поділяє основу так, щоб інша ніжка потрапила на ліву основу, по якій на око відлічується відстань в інтервалі поділок.

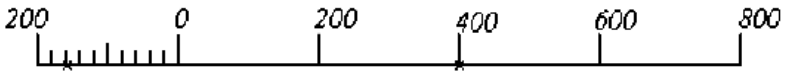

Рис. 1.1 - Лінійний масштаб.

Оцінюючи на око частки ділень за лінійним масштабом, неможливо достатньо точно виміряти відстань за планом. Тому користуються **поперечним** масштабом, який будується наступним чином.

Вибирають основу масштабу 2 см (рис. 1.2) і відкладають її кілька разів на горизонтальній прямій. З точок, що поділяють рівні відрізки, опускають перпендикуляри до цієї прямої.

Ліву основу поділять на п'ять або десять поділок, в загальному випадку - на ***n*** поділок, а на перпендикулярах відкладають ***m*** поділок. Через одержані точки на перпендикулярах проводять лінії, паралельні основі.

Потім на лівій основі проводять ряд ліній, як показано на рис. 1.2, званих ***трансверсалями***.

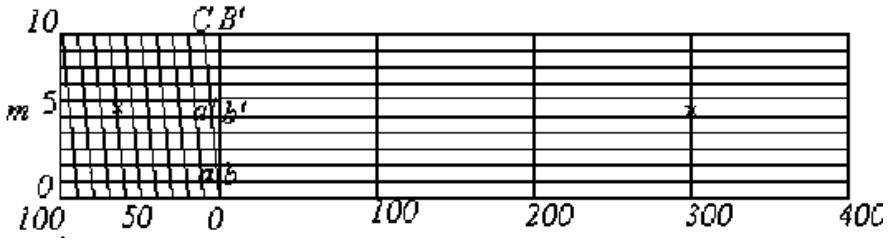

Рис.1. 2 - Поперечний масштаб.

Відрізок ***a b*** називається найменшою поділкою поперечного масштабу. Величина його залежить від довжини основи і числа поділок ***n*** і ***m.***

Поперечний масштаб, у якого ***m = n = 10*** (***mn=100***) називається сотенним масштабом; звичайно він нарізується (гравірується) на металевій лінійці, званій масштабною, або на транспортирі.

Десяті і соті долі основи, називаються нормальним поперечним масштабом [1].

При всіх достоїнствах поперечний масштаб не може забезпечити певної межі, залежної від властивостей людського ока.

Око людини в змозі суміщати вістря ніжки циркуля з точкою на плані, точку з точкою, штрих з штрихом з точністю близько 0.1 мм, якщо вони знаходяться на відстані 25 см від ока.

З цього виходить, що деталі місцевості, що зображені на плані, зумовлені точністю масштабу, яка є довжиною лінії на місцевості, відповідною 0.1 мм на плані.

Наприклад, точність масштабу 1: 10 000 рівна 1 м, масштабу 1: 50 000 - 5 м. Відповідно до точності масштабу при зображенні деталей об'єктів місцевості на плані і карті неминучі узагальнення.

Якщо об'єкт місцевості дуже малий, а зобразити його на плані необхідно, то його зображають так званими **позамасштабними** умовними знаками, тобто незалежно від точності масштабу.

Наприклад, нерідко колодязь в горизонтальній проекції є квадратом із стороною 1 м і в масштабі 1: 10 000 він показується точкою (0.1 мм), але на планах масштабів 1: 1000 - 1: 50 000 він зображується зеленим кружком діаметром 1.2- 1.4 мм.

1. 2 Практична частина

Варіант	1) Маючи чисельний масштаб перевести його в іменований	2) Маючи чисельний масштаб побудувати лінійний масштаб	3) Маючи чисельний масштаб побудувати поперечний масштаб
1	1:10 000	1:200 000	1:50 000
2	1:200 000	1:50 000	1:1 000 000
3	1:50 000	1:1 000 000	1:2 500
4	1:1 000 000	1:2 500	1:500 000
5	1:2 500	1:500 000	1:1 000
6	1:500 000	1:1 000	1:5 000
7	1:1 000	1:5 000	1:300 000
8	1:5 000	1:300 000	1:50 000
9	1:300 000	1:50 000	1:10 000
10	1:50 000	1:10 000	1:200 000

1.3 Питання для самоперевірки

Для самостійної перевірки засвоєння змісту першої теми та успішного закріплення базових знань і вмінь по вивченому матеріалу, спробуйте дати усні відповіді на запитання, які наведені нижче.

1. Дайте визначення масштабу.
2. Які види масштабів ви знаєте?
3. Дайте визначення чисельного масштабу.
4. Переведіть масштаб 1: 10 000 в іменований масштаб.
5. Вкажіть послідовність виготовлення та користування лінійного масштабу.
6. Чим відрізняється поперечний масштаб від лінійного?
7. Вкажіть послідовність виготовлення та користування поперечного масштабу.
8. Що мається на увазі під поняттям точність масштабу?

Лабораторна робота № 2

Тема. Визначення географічних і прямокутних координат по карті

2.1 Теоретична частина

Положення будь-якої точки на поверхні Землі визначається географічними, плоскими прямокутними і полярними координатами.

У системі **географічних координат** місце розташування точки визначається широтою і довготою (рис. 2.1).

Кут між площиною екватора і прямовисною лінією, що проходить через дану точку називається географічною широтою точки ***M***.

Широта, вимірювана від площини екватора на північ, називається північною, а на південь - південною. Широта змінюється від 0^0 до 90^0.

Двогранний кут, укладений між площиною нульового (Гринвіцького) меридіана і площиною меридіана, що проходить через дану точку ***E***, називається географічною довготою.

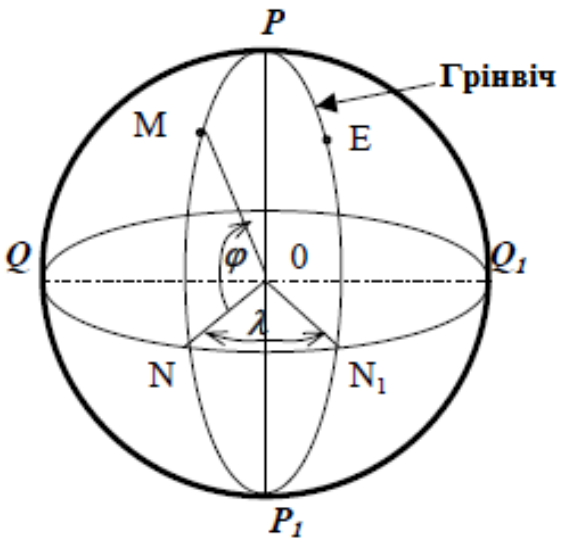

Рис. 2.1 – Географічні координати

φ – географічна широта λ – географічна довгота

Довготу вимірюють від початкового меридіана до сходу і до заходу і називають відповідно східній і західній. Довгота змінюється від 0° до 180°.

Топографічні карти видаються окремими аркушами обмеженого формату, що поєднуються в загальну карту єдиною системою розграфки. Трапецієподібна розграфка карт здійснюється паралелями і меридіанами. Аркуші топографічних карт із трапецієподібної розграфкою укладені в три рамки: зовнішню, внутрішню і хвилинну (рис. 2.2).

Зовнішня рамка має декоративне призначення. Внутрішня рамка утворена відрізками паралелей і меридіанів. У кутах рамки підписуються широти паралелей і довготи меридіанів.

Хвилинна рамка складається з чорних і білих інтервалів, що відповідають одній хвилині широти і довготи. Ця рамка служить для визначення географічних координат точок на карті для нанесення точок на карту по відомих координатах [1].

Для визначення на карті географічних координат деякої точки потрібно провести через неї меридіан і паралель і по відповідним рамках трапеції відрахувати число хвилин, що потім додаються або віднімаються від значень географічних координат прийнятого початку їхнього відліку по карті (рис. 2.3).

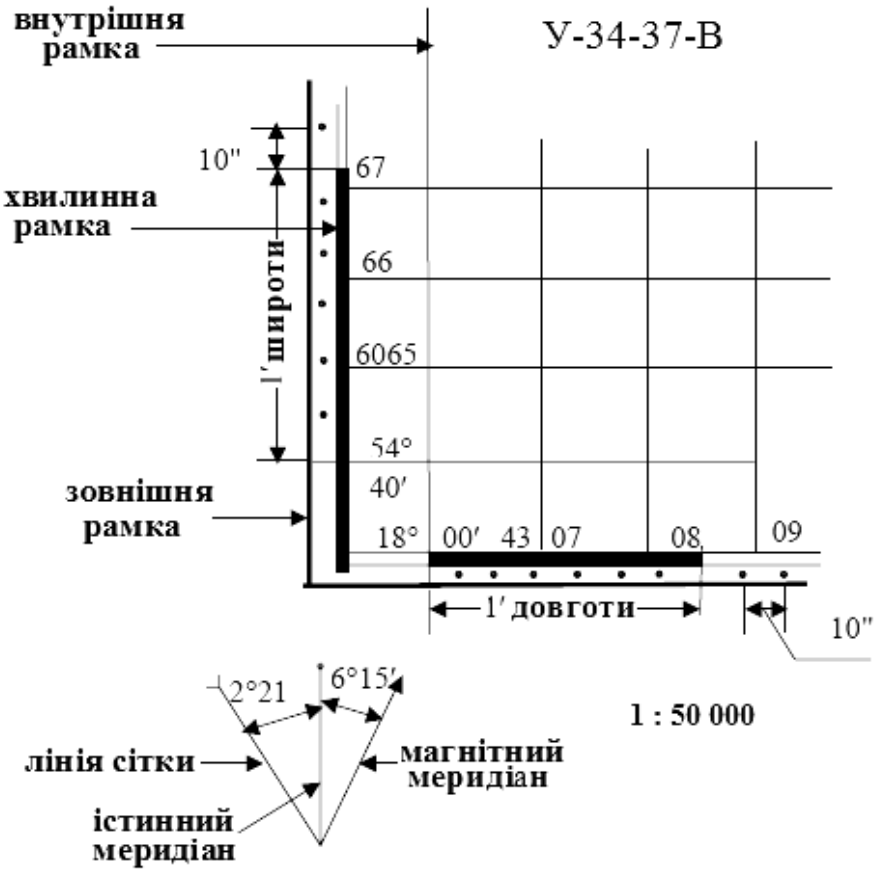

Рис. 2.2 – Частина аркуша топографічної карти 1: 50 000

Якщо позначити початок відліку широти і довготи через φ_n та $\lambda_п$ відповідно (зняті в кутах хвилинної рамки, найближчих до досліджуваної точки), а через Δ збільшення географічних координат до точки A, то її широта і довгота визначаються по формулі:

$$\varphi_A = \varphi_n \pm \Delta\varphi' \pm \Delta\varphi''; \quad \lambda_A = \lambda_п \pm \Delta\lambda' \pm \Delta\lambda'' \qquad (2.1)$$

Для обчислення Δ, досить підрахувати кількість цілих заштрихованих і не заштрихованих інтервалів від кута рамки до точки **А**.

Для обчислення $\Delta\varphi''$ і $\Delta\lambda''$,за допомогою вимірника і масштабної лінійки, по карті визначають відрізки Δa *і* Δb (у мм), а по хвилинній рамці вимірюють відстані a і b (у мм), що відповідають однієї хвилині чи 60 секундам по широті і довготі.

Збільшення географічних координат у секундах підраховуються по формулах:

$$\Delta\varphi'' = \frac{\Delta a \cdot 60}{a}; \qquad \Delta\lambda'' = \frac{\Delta b \cdot 60}{b} \qquad (2.2)$$

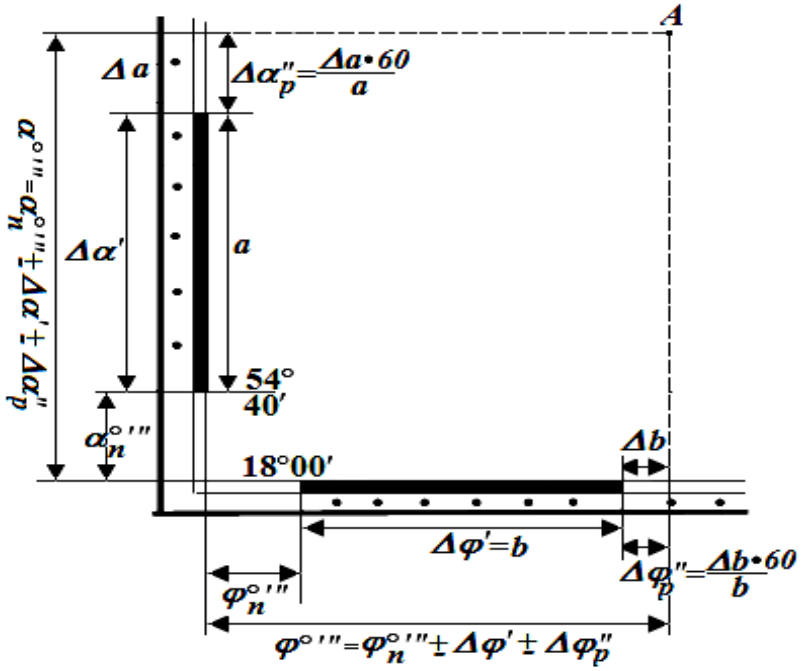

Рис. 2.3 – Визначення довготи й широти в прямокутній системі координат

<u>Наприклад</u>, для визначення широти φ_A точки **А** (рис. 2.4) проводять через цю точку паралель (тобто лінію, паралельну південній стороні рамки карти). Знаходять відстань від цієї паралелі до південної сторони рамки, оцінюючи секунди по формулі (2.2), дорівнює - 44 ".

Так як широта південної рамки дорівнює 54 ° 40 ', шукана широта точки ***А*** дорівнює φ_A = 54 ° 40'44".

Довготу точки **А** знаходять аналогічно, провівши через точку **А** істинний меридіан. Для даного прикладу λ_A = 18 ° 00'53 "

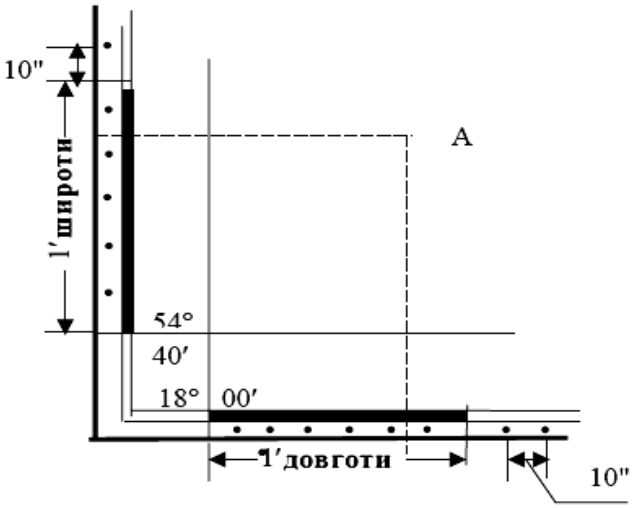

Рис. 2.4 – Визначення географічних координат

Зональна система прямокутних координат. Географічні координати, що виражаються в кутових величинах, незручні для практичного використання в інженерних розрахунках, у яких широко оперують довжинами.

Крім того, лінійні значення кутових одиниць на різних широтах земного еліпсоїда різні. Тому для виробництва геодезичних і маркшейдерських зйомок і для зображення їхніх результатів на планах і картах більш зручною є система плоских прямокутних координат, що значно спрощує виробництво топографічних і маркшейдерських зйомок на територіях гірських підприємств, обчислення координат опорних пунктів. Плоска система координат забезпечує можливість сполучення планів суміжних ділянок [1].

При побудові карт зображення земної поверхні, що було отримано отримана на еліпсоїді чи окремій його частині, повинне бути розгорнуте в площину (на листі паперу). Виконати таку операцію без розривів і складок сферичної поверхні, що розвертається, неможливо. Для рішення цієї задачі використовують додаткові поверхні, на які з еліпсоїда проектується відображена на ньому інформація, і які можуть бути легко розгорнуті в площину, наприклад, циліндрична чи конічна поверхня, якщо їх розрізати уздовж утворюючих.

При виконанні цієї операції допоміжне тіло передбачається дотичним до референц-еліпсоїда. На допоміжну фігуру переноситься мережа паралелей і меридіанів, що на листі карти виконує роль картографічної сітки. Спосіб переходу від зображення земної поверхні зі сфери на площину визначає вид картографічної проекції, кожна з яких припускає деяке перекручування географічних об'єктів, розташованих на референц-еліпсоїді і плоскому листі карти.

Вивченням картографічних проекцій займаються в математичній картографії, де вони розглядаються у виді аналітичних залежностей між координатами точок на поверхні референц-еліпсоїда і координатами їхніх проекцій на площину.

Циліндри, на які переносяться ділянки земного еліпсоїда, розрізаються по утворюючим і розрізані частини розвертаються в площині. При використанні проекції Гауса (рис. 2.5) одержують на листі папера подібне зображення поверхні земного еліпсоїда в межах окремих фігур, які називають ***зонами.***

Зручностями системи плоских прямокутних координат можна скористатися в межах порівняно невеликих розрізнених ділянок, на яких можна не вважатися з кривизною Землі.

Сутність зональної системи прямокутних координат.

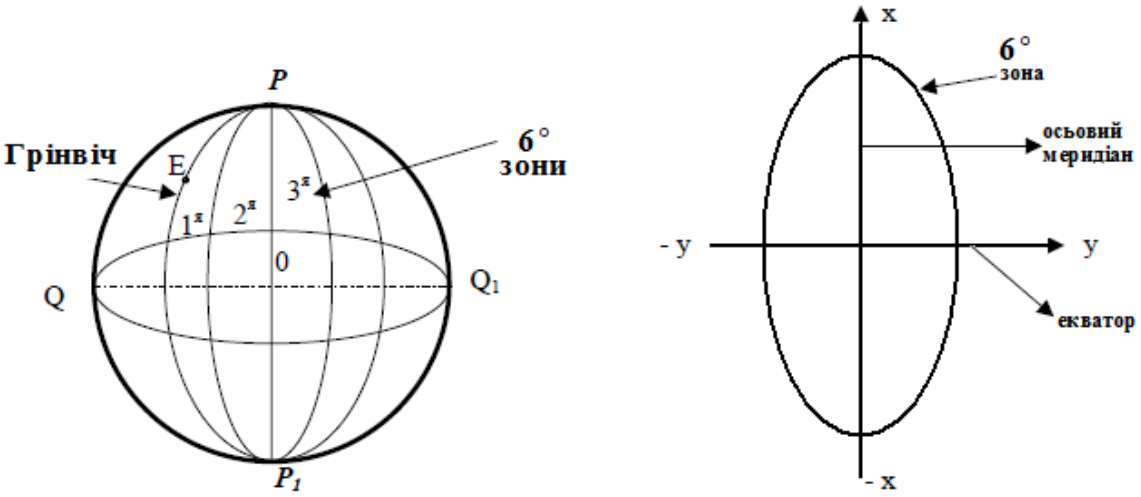

Рис. 2.5 – Зональна система прямокутних координат

На поверхні Землі проведемо меридіани через 6°, почавши з нульового (Гринвіцького) меридіану, що приймемо західною границею першої зони. Потім пронумеруємо зони в напрямку з заходу на схід, одержавши в такий спосіб 60 шестиградусних зон.

Якщо позначити довготи західного і східного меридіанів, обмежуючих зону, відповідно $\lambda з$ і $\lambda с$, а довготу середнього, осьового, меридіана $\lambda о$, то, знаючи номер зони n, можна визначити значення зазначених довгот наступними простими формулам:

Географічна довгота осьового меридіана кожної зони визначається формулою:

$$\lambda з = 6(n - 1);\ \lambda о = 6n - 3 \text{ и } \lambda с = 6n \qquad (2.3)$$

де n – номер зони

Самі загальні представлення про те, як виходять плоскі зображення сферичних поверхонь зон, можна одержати, представивши собі, що земний еліпсоїд укладений у циліндр (рис. 2.6), вісь якого лежить у площині екватора, а внутрішня поверхня стосується осьового меридіана проектованої зони. Останній, мабуть, зобразиться на проекції без перекручувань.

До півночі від паралелі 35° найбільше віддалення від осьового меридіана складає 270 км, при якому відносне перекручування довжин виражається 1: 1100, тобто не виходить за межі точності звичайних лінійних вимірів. Цим і обумовлений розмір зони в 6° по довготі.

У кожній зоні зображення осьового меридіана приймається за вісь абсцис X, а зображення екватора за вісь ординат Y. Початком координат є точка перетинання осьового меридіана з екватором. Правило знаків звичайне [2].

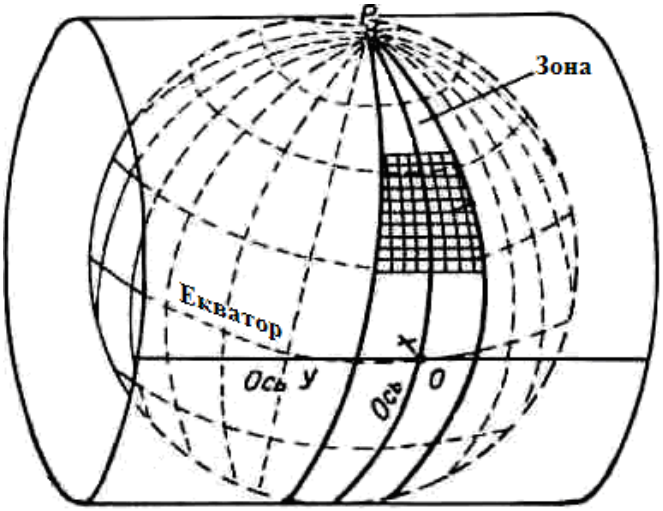

Рис. 2.6 – Проекція зони на внутрішню поверхню циліндра.

Для забезпечення однозначності визначення планового положення точок на земній поверхні і зручності в роботі прийняте наступне:

1) початок координат у кожній зоні перенесене на 500 км на захід від осьового меридіана, чим виключені від'ємні значення ординат;

2) перед кожною ординатою ставиться (вводиться в її значення) номер зони.

Удосконалені в такий спосіб ординати називаються приведеними.

Наприклад. Так, якщо дані приведені координати точки ***А*** : $\boldsymbol{У_A}$ = = 4 374,284 км і точки ***В:*** $\boldsymbol{У_B}$ = 4 884, 326 км, то це значить, що обидві точки знаходяться в 4-й зоні і звичайні їхні ординати будуть

$\boldsymbol{У_A}$ = - 125,716 км $\boldsymbol{У_B}$ = +384,326 км.

У кожній зоні вибирається прямокутна система координат, причому її центр збігається з точкою перетинання проекції осьового меридіана з проекцією екватора. Осьовий меридіан приймається за вісь ***X***, а зображення екватора, перпендикулярне до осьового меридіана - за вісь ***У*** (рис. 2.7).

Координати ***X*** точок, розташованих на північ від екватора, вважаються позитивними, на південь - негативними.

Територія України знаходиться в північній півкулі, тому координати ***X*** мають позитивне значення. Значення ж координат ***У***, можуть бути як позитивними, так і негативними, що представляє незручності при рішенні різних задач геодезії і справи. Для того щоб не мати справи з негативними значеннями ординат, як вже відмічалося вище, у кожній зоні початок координат переноситься на 500 км на захід від осьового меридіана зони. Отриману в такий спосіб ординату прийнято називати приведеною.

Між внутрішньою і хвилинною рамками виписані ординати і абсциси виходів ліній координатної (кілометрової) сітки. При цьому першою

цифрою (з 4 по 9) або двома першими (з 10 по 32) в значеннях ординат помічений номер зони, а розміри самих ординат, що відлічуються від осьового меридіана, збільшені на 500 км (приведені ординати).

Наприклад, підпис виходу сітки 4311 означає, що даний лист карти розташований в 4-й зоні, а ордината даної лінії (в системі Гауса) має негативне значення - 189 км (311-500).

Для визначення положення точки в прямокутній системі координат використовують кілометрову сітку топографічної карти.

Прямокутні координати точки визначають по формулах

$$X = X_0 + \Delta X, \quad (2.4)$$

$$Y = Y_0 + \Delta Y, \quad (2.5)$$

де ***Xo*** і ***Yo*** - координати південно-західного кута квадрата, в якому розташована задана точка; ***ΔX*** і ***ΔY*** - прирости координат (відстані від відповідних сторін квадрата до точки в масштабі карти.

Прийнявши за осі координат прямокутної системи кілометрові лінії 6065 та 4311 (рис. 2.7), опускають на них з обумовленої точки (В) перпендикуляри **Δ *X*** і **Δ *У***, довжини яких вимірюють за допомогою лінійки і обчислюють з врахуванням масштабу. (В 1 см - 500 м).

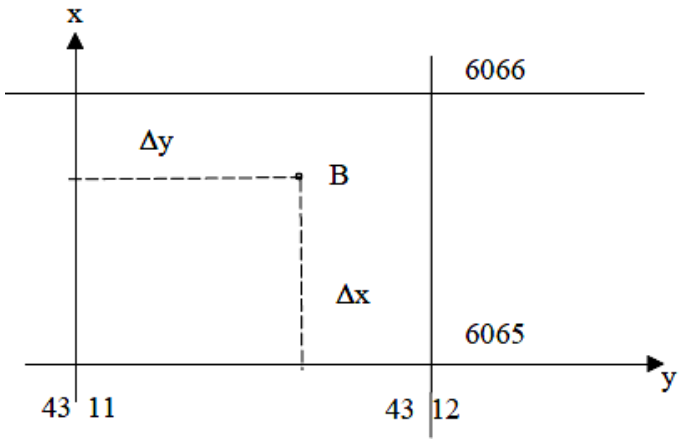

Рис. 2.7 – Визначення прямокутних координат.

Для даного прикладу:

Δ *X* = 1,4 см * 500 = 700 м; $X_в$ = 6065000 + 700 = 6065700 м

Δ *У* = 1 см * 500 = 500 м; $У_в$ = 4311000 + 500 = 4311500 м

2. 2 Практична частина

1. Визначити **географічні і прямокутні координати** двох точок **А** і **Б** по топографічній карті. (Рис.2.8, 2,9, 2.10).

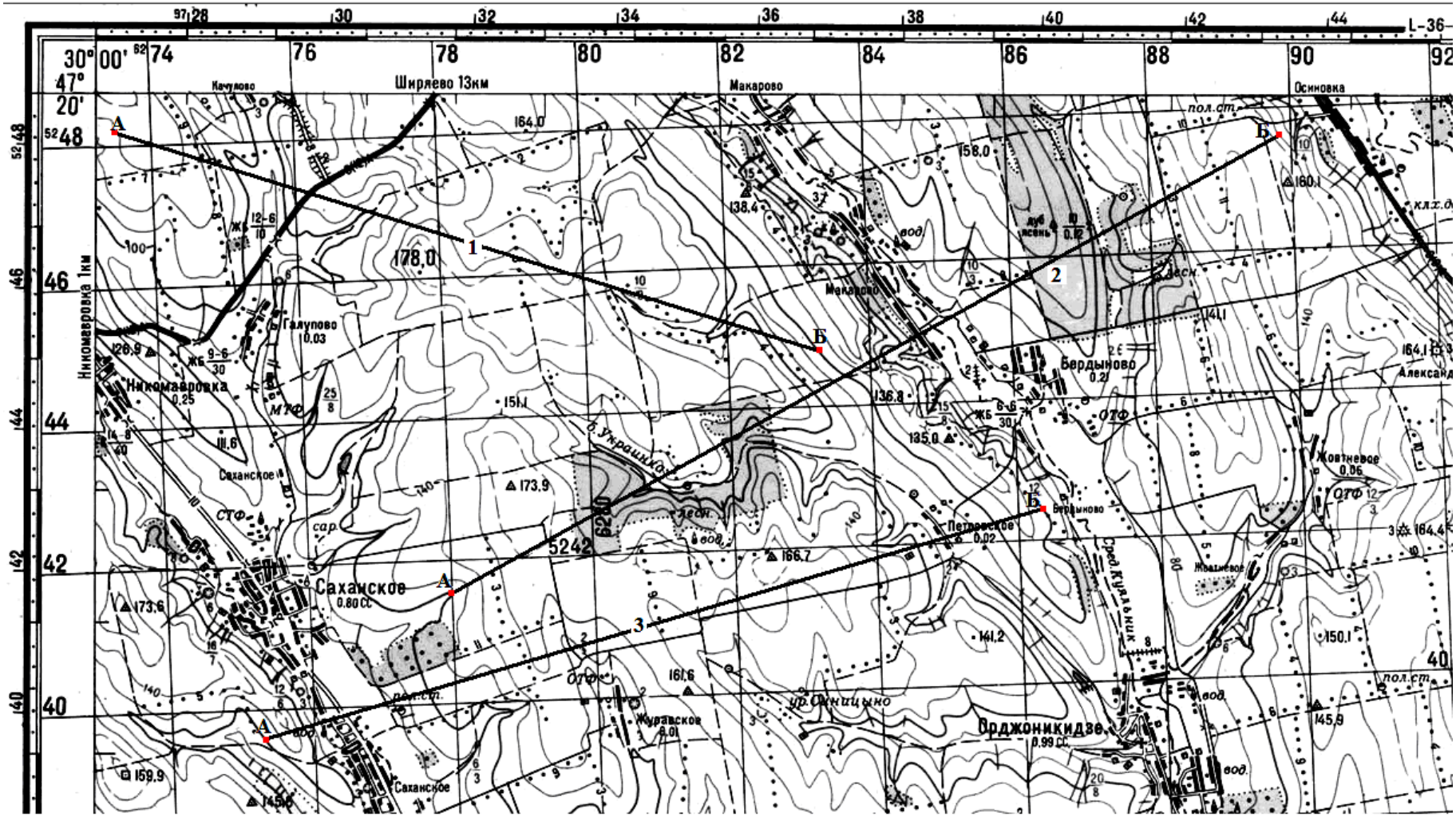

Рис. 2.8 - Завдання (Варіанти 1, 2, 3) М 1:100 000 Безперервні горизонталі проведені через 20 м

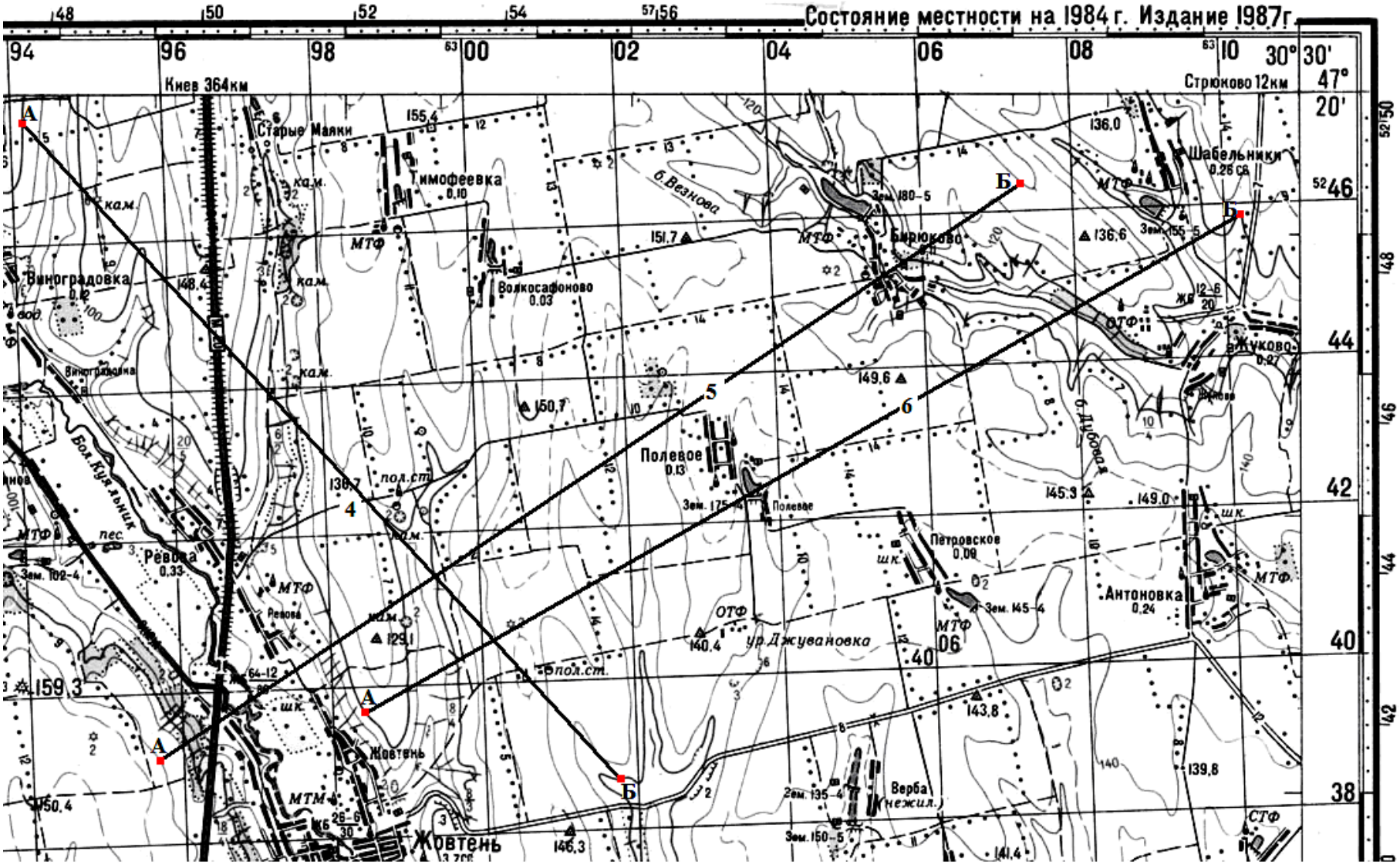

Рис. 2.9 - Завдання (Варіанти 4, 5, 6) М 1:100 000 Безперервні горизонталі проведені через 20 м

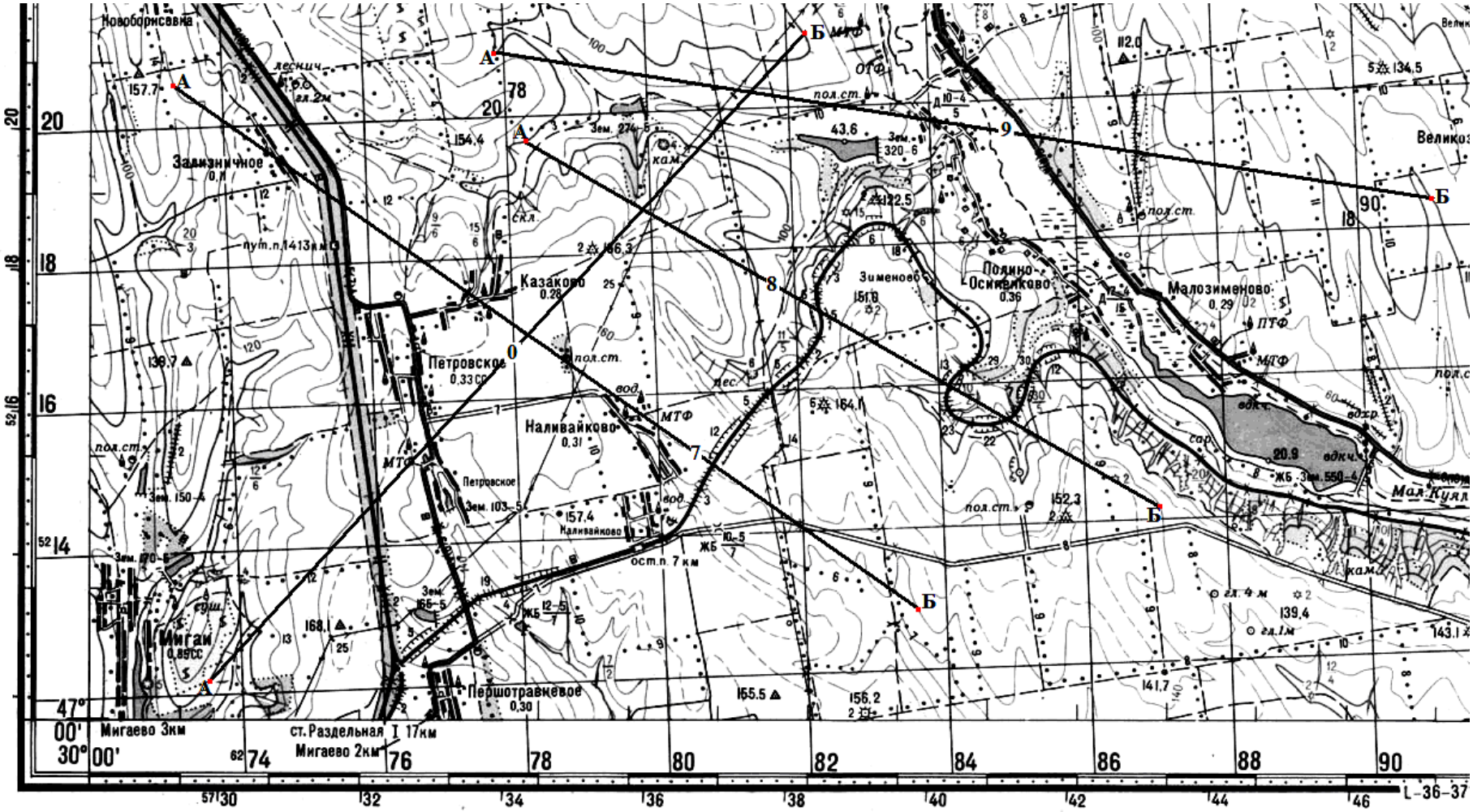

Рис. 2.10 - Завдання (Варіанти 7, 8, 9, 10) М 1:100 000 Безперервні горизонталі проведені через 20 м

2.3 Питання для самоперевірки

Для самостійної перевірки засвоєння змісту першої теми та успішного закріплення базових знань і вмінь по вивченому матеріалу, спробуйте дати усні відповіді на запитання, які наведені нижче.

1. Які види координат ви знаєте?
2. Що входить в систему географічних координат?
3. Дайте визначення широті.
4. Дайте визначення довготі.
5. В які три рамки укладено аркуш топографічної карти?
6. У чому сутність зональної системи прямокутних координат?
7. Як визначається географічна довгота осьового меридіана кожної зони?
8. Чим відрізняється географічна система координат від зональної системи прямокутних координат?

Лабораторна робота № 3

Тема. Визначення кутів орієнтування і площин по топографічний карті

3.1 Теоретична частина

Кути орієнтування. Горизонтальні кути і напрями ліній на картах і планах вимірюють (або будують) геодезичними транспортирами. При вимірюваннях транспортир необхідно прикладати так, щоб обидві мітки нульового діаметра (0˚ і 180˚) знаходилися на одній лінії, а центральна мітка (нуль прямолінійної шкали) співпадав з вершиною кута.

Орієнтувати лінію на місцевості - означає визначити її положення щодо іншого напрямку, прийнятого за відправне.

В якості відправних в геодезії використовують такі напрями (рис. 3.1):

- північний напрямок **Ni** ***істинного (географічного) меридіана***;
- північний напрям **Nм** ***магнітного меридіана***;
- північний напрям **No** осьового меридіана зони або напрямки паралельного йому.

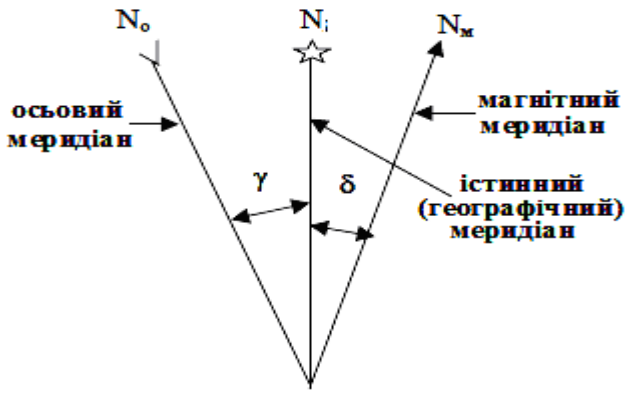

Рис.3.1 – Вихідні напрямки для орієнтування ліній

Напрямок **Ni** - це горизонтальна лінія в площині ***географічного меридіана.*** Воно вказує на Північний полюс Землі.

Напрямок **Nм** - це горизонтальна лінія в площині ***магнітного меридіана***, тобто прямовисній площині, що проходить через вісь вільно підвішеною магнітної стрілки.

Через нерівномірний розподіл магнітних мас всередині Землі напрям магнітного меридіана не співпадає з напрямком на магнітний полюс. Крім того, магнітна вісь Землі відхилена від осі обертання Землі приблизно на 12°. Під впливом цих факторів між напрямками географічного і магнітного меридіанів в будь-якій точці на поверхні Землі утворюється кут δ (рис. 3.1).

Цей кут називають **схиленням** магнітної стрілки і відраховують від істинного меридіану до магнітного. Східному схиленню приписують знак плюс, західному - знак мінус [2].

Напрямок **No** – це напрямок, як правило, паралельний осьовому меридіану або осі абсцис координатної сітки зони. Якщо точка розташована на осьовому меридіані, то напрями **Ni** та **No** збігаються. Якщо точка не на осьовому меридіані, то між осьовим та істинними меридіаном утворюється кут **γ**.

Цей кут γ називають **зближенням меридіанів**. Він відраховується від істинного меридіану до осьового меридіану. Східному зближенню приписують знак плюс, західному - мінус. Зближення меридіанів можна вибрати зі схеми під південною рамкою топографічної карти.

Зорієнтувати на місцевості яку-небудь лінію **MN** – означає визначити кут, під яким дана лінія прямує по відношенню до іншої лінії, прийнятої за початок відліку.

У геодезії за кути орієнтування приймають **азимут або дирекційний кут**.

Азимут – горизонтальний кут, відлічуваний від північного напрямку меридіана до даної лінії ***MN*** по ходу годинникової стрілки (рис. 3.2).

Якщо азимут відраховується від географічного меридіана, його називають **істинним азимутом** A_i.

Якщо ж - від північного напрямку вільно підвішеної магнітної стрілки, його називають **магнітним азимутом** $A_м$.

Різницю $\delta = A_i - A_м$ називають *схиленням магнітної стрілки*.

Схилення може бути західним (має знак –) чи східним (має знак +). Величина азимута однієї і тієї ж лінії залежить від положення точки відліку.

Дирекційний кут – горизонтальний кут α_{MN} відлічений від додатного напрямку осі ***X*** до даної лінії ***MN*** по ходу годинникової стрілки

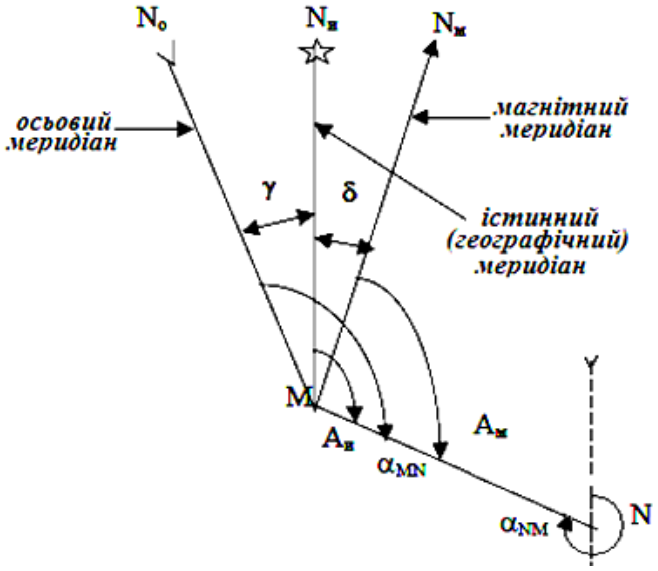

Рис. 3.2 – Залежність між істинним і магнітним азимутами та дирекційними кутами

Дирекційний кут **α** відраховується від осьового меридіана по ходу годинникової стрілки і змінюється від 0 ° до 360 °. На топографічних картах і планах паралелі осьовому меридіану нанесені у вигляді координатної кілометрової сітки. На практиці іноді користуються румбами.

Румбом називають гострий кут між найближчим (північним або південним) вихідним напрямом і даною лінією. Позначення румба починають з вказівки чверті: ПнСх (північний схід), ПдСх (південний схід), ПдЗх (південний захід) і ПнЗх (північний захід), далі записують числове значення кута.

На рис. 3.2 показані істинний ***Ai*** і магнітний ***Aм*** азимути, дирекційний кут **α** лінії **MN**, зближення меридіанів ***γ*** і схилення магнітної стрілки ***δ***. Як видно з рисунка

$$Ai = Aм + \delta\ ; \qquad Ai = \alpha + \gamma; \qquad (3.1)$$

У лінії MN (Рис. 3.2) напрям від точки **M** до точки **N** називають прямим, а від **N** до **M** - зворотним. Відповідно говорять про дирекційні кути прямого і зворотного напрямку.

Часто дирекційний кут α_{MN} в точці **M** називають прямим, а дирекційний кут α_{NM} в точці **N** - зворотнім. Залежність між цими кутами:

$$\alpha_{NM} = \alpha_{MN} + 180\,° \qquad (3.2)$$

При камеральній обробці польових матеріалів буває зручніше замість дирекційних кутів використовувати румби.

Розрізняють румби істинні, магнітні та дирекційні. Румби істинні відлічують від істинного меридіана; магнітні – від магнітного, дирекційні – від напряму вісі абсцис або лінії, паралельної до неї. Перед числовим значенням румба вказують його напрям відносно сторін світу. Зв'язок між азимутами ***A*** (дирекційними кутами) і румбами подано в табл. 3.1 і на рис. 3.3.

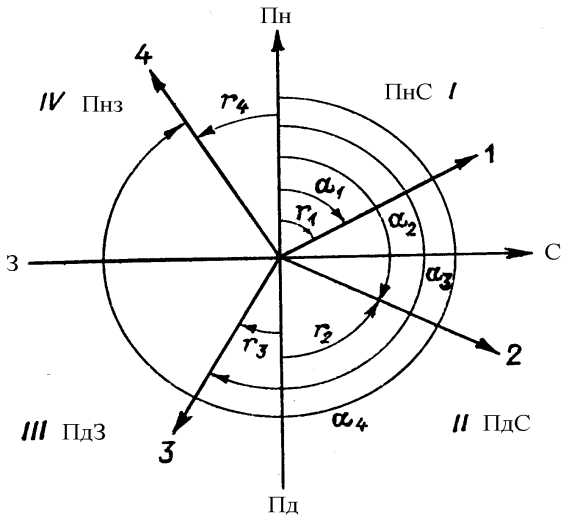

Рис. 3.3 - Зв'язок дирекційних кутів з румбами

Таблиця 3.1 - Зв'язок румбів з іншими кутами

Номер чверті	Азимут ***A***, або дирекційний кут	Румби ***r***
I	0 – 90°	***ПнС : r = A***
II	90 – 180°	***ПдС : r =180° – A***
III	180 – 270°	***ПдЗ : r = A – 180°***
IV	270 – 360°	***ПнЗ : r = 360° - A***

Зв’язок румбів з іншими кутами широко застосовують в геодезії при розв’язанні на площині прямої і оберненої геодезичних задач [3].

Наприклад. Нехай потрібно визначити дирекційний кут лінії **KL** (рис. 3.4).

Продовжують лінію **KL** до перетину з найближчою вертикальної кілометрової лінією (4312). Приклавши до точки перетину **0** нуль транспортира і поєднавши його нульовий діаметр з кілометрової лінією, відраховують за годинниковою стрілкою кут $\boldsymbol{\alpha}$ від північного напряму.

На рисунку 3.4 цей кут дорівнює $\boldsymbol{\alpha}$ = 328 ° 30 '

Зі схеми розташування осьового (лінія сітки), істинного і магнітного меридіанів, наведеною під південною стороною рамки карти, видно, що істинний азимут $\boldsymbol{A}$ лінії **KL** менше дирекційного кута $\boldsymbol{\alpha}$ тієї ж лінії на величину зближення меридіанів $\boldsymbol{\gamma}$ = 2 ° 21 '.

Отже, $\boldsymbol{A} = \boldsymbol{\alpha} - \boldsymbol{\gamma}$ = 328°30′ - 2°21′ = 326°09′.

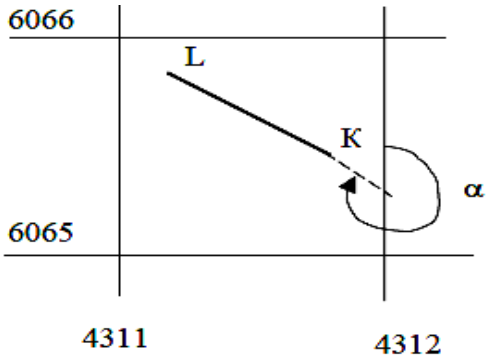

Рис. 3.4 – Визначення дирекційного кута ліні

В свою чергу, магнітний азимут $\boldsymbol{A_M}$ лінії **KL** менше істинного азимута тієї ж лінії на величину схилення магнітної стрілки $\boldsymbol{\delta}$ **= 6°15′,** тобто $\boldsymbol{A_M} = \boldsymbol{A} - \boldsymbol{\delta}$ = 326°09′ - 6°15′ = 319°54.

Визначення площі топографічної поверхні. Обчислення площ за результатами вимірів на місцевості дає більш високу точність. Залежно від розміру та форми ділянок і бажаної точності, площі можна визначати трьома способами: 1) аналітичним: 2) графічним; 3) механічним, які можна застосовувати в "чистому " вигляді або у комбінації їх між собою.

Аналітичний спосіб. Обчислення площ за координатами вершин полігону застосовується, коли полігон має складну форму багатокутника, границі якого прямолінійні і відомі координати його вершин. Для виведення відповідних формул візьмемо простий замкнений полігон у вигляді трикутника АВС, координати вершин якого відомі.

В загальному випадку це рівняння виразиться такою формулою:

$$2S = \Sigma X_n \cdot (Y_{n+1} - Y_{n-1}) \qquad (3.3)$$

і читається так: подвійна площа багатокутника дорівнює сумі послідовних добутків абсцис (іксів) на різницю ординат (ігреків) наступної та попередньої по відношенню до абсциси.

Якщо праву частину рівняння згрупувати по ***Y*** (ігреках), то формула набере вигляду:

$$2S = \Sigma Y_{n.(} X_{n-1} - X_{n+1}) \qquad (3.4)$$

і читається так: подвійна площа багатокутника дорівнює сумі послідовних добутків ординат (ігреків) на різницю абсцис (іксів) попередньої і наступної по відношенню до ординати.

Звичайно результати обчислення площі за обома формулами мають бути однаковими. Цей спосіб є найбільш точним, бо помилка у визначенні площі залежить тільки від помилок вимірювань на місцевості.

Наближено вважається, що відносна помилка визначення площі дорівнює подвійній відносній помилці вимірювання ліній, наприклад, для середніх умов вимірювання ліній мірною стрічкою відносна помилка дорівнює 1:2 000, тоді відносна помилка визначення площі буде 1:1 000.

Основний недолік способу - складність обчислень. Тому в сучасних умовах для визначення площ полігонів, особливо з великою кількістю вершин, застосовують комп'ютери, в пам'ять яких занесені формули. Оператори вводять у комп'ютер координати точок (вершин полігона) і за лічені хвилини дістають площу полігона, із занесенням результатів у спеціальну відомість.

Графічний спосіб. Цим способом площі обчислюють за результатами вимірів ділянок на місцевості, якщо межі їх прямолінійні і фігура ділянки має просту геометричну форму (трикутника, прямокутника, трапеції тощо). Підставляючи величини основ, висот та інших вимірів у формули, відомі з геометрії та тригонометрії, знаходять їх площу.

Точність визначення площ графічним способом залежить від точності вимірювання ліній на плані. Відомо, що відрізки прямої вимірюються на плані з точністю 0.1 мм незалежно від довжини ліній. Тому відносна помилка при вимірюванні коротких ліній буде більшою, ніж при вимірювання довгих ліній, отже, фігури, на які поділяється полігон, повинні бути по можливості більшими і не дуже витягнутими, щоб основа і висота фігури були приблизно однаковими, а план - у крупнішому масштабі. При цьому бажано в розрахунках у першу чергу використовувати лінії, довжина яких виміряна безпосередньо на місцевості. Для того, щоб уникнути грубих помилок і підвищити точність визначення площі, лінії вимірюють двічі з допустимою похибкою 1/200.

Графічний спосіб застосовують також для визначення площі витягнутих контурів (доріг, каналів, невеликих річок).

Загальне правило для графічного способу таке: чим крупнішим є масштаб плану· (карти), тим точніше визначається площа. До графічного способу відносять також визначення площ палетками.

Палетка - це сітка квадратів із стороною 0,2 , 0,4, 0,5 або 1 см, накреслена на прозорому матеріалі (технічній фотоплівці, органічному склі, восківці), або сітка паралельних ліній, накреслених на тому ж матеріалі через однакові відстані одна від одної (0,2, 0,4, 0,5 або 1 см).

Палетки використовують при визначенні площі ділянок, які мають криволінійні контури: невеликі розміри на плані: до 2 см^2 для квадратної палетки і близько 10 см^2 для палетки з паралельними лініями.

Квадратну палетку накладають на контур ділянки і підраховують кількість повних квадратів, що вміщуються в контурі. Із неповних квадратів, розміщених на периферії контуру на око складають цілі квадрати і визначають загальну кількість квадратів.

Потім обчислюють площу одного квадрата у квадратних метрах (або гектарах) за масштабом плану. Добуток площі одного квадрата на кількість їх у даному контурі дасть площу всієї ділянки.

Визначення площ квадратною палеткою проводиться з відносною помилкою від 1/50 до 1/100 вимірюваної величини.

Палетка з паралельними сторонами - це сітка паралельних ліній, відстань між якими (***h***) однакова. Для визначення площі палетку накладають на контур ділянки. Фігуру кожної ділянки, обмеженої двома сусідніми паралельними лініями, умовно приймають за трапецію, площу якої можна визначити через середню лінію (l) і висоту (h).

Площа першої трапеції буде $S_1 = l \cdot h$, другої $S_2 = l_2 \cdot h$, третьої $S_3 = l_3 \cdot h$ і т. д. , "n-ої" трапеції $S_n = l_n \cdot h$.

Загальна площа контуру буде дорівнювати сумі площ трапецій, тобто:

$$\boldsymbol{S = S_1 + S_2 + S_3 + ... + S_n.} \qquad (3.5)$$

Підставивши значення площі кожної трапеції, одержимо:

$$\boldsymbol{S = l_1 * h + l_2 * h + l_3 * h + ... + l_n * h} \qquad (3.6)$$

Винесемо h за дужки і дістанемо:

$$\boldsymbol{S = h(l_1 + l_2 + l_3 + ... + l_n)} \qquad (3.7)$$

Отже, для обчислення площі ділянки за допомогою палетки з паралельними лініями, треба знайти сумарну довжину середніх ліній у сантиметрах. За масштабом перевести її у метри і помножити на відстань

між двома сусідніми паралельними лініями (h), також переведену у метри.

Довжини середніх ліній вимірюють циркулем-вимірювачем. Для прискорення і полегшення визначення площі під палеткою розміщують шкалу - графіки лінійних масштабів площ. Ними користуються як звичайним лінійним масштабом. На шкалі потрібного масштабу циркулем-вимірювачем відкладають сумарну довжину середніх ліній і на масштабі читають площу даної ділянки відразу у гектарах.

Механічний спосіб визначення площ. При цьому способі застосовують спеціальний прилад - ***планіметр***.

Це механічний прилад, який дає можливість шляхом обводу контуру фігури будь-якої форми визначити її площу. Планіметри бувають лінійні і полярні.

В наш час найбільш поширеними є полярні планіметри, які бувають з однією або двома каретками.

Однокаретковий полярний планіметр складається з полюсного і обвідного важелів та каретки (рис. 3.5). На каретці змонтовано відліковий механізм: лічильний ролик з барабаном, який має шкалу на 100 поділок і циферблат з 10 поділками. Лічильний ролик, перемішуючись по плану (карті) показує кількість поділок, пройдених ним під час обводу контуру фігури. Кількість повних обертів ролика відраховують по циферблату, а його частин - за допомогою верньєра [4].

Полюсний важіль (1) представляє собою металевий брусок квадратного перерізу на одному кінці якого прикріплено тягарець - полюс (2), в центрі нижньої частини якого уставлено голку. За допомогою голки полюс закріплюють на плані (карті). Другий кінець полюсного важеля має шарнір (стрижень із кулеподібною головкою), який скріплений з бруском під прямим кутом. Шарнір під час роботи планіметра вільно вставляється у конусний отвір каретки. Полюсний важіль звичайно пофарбований у чорний колір.

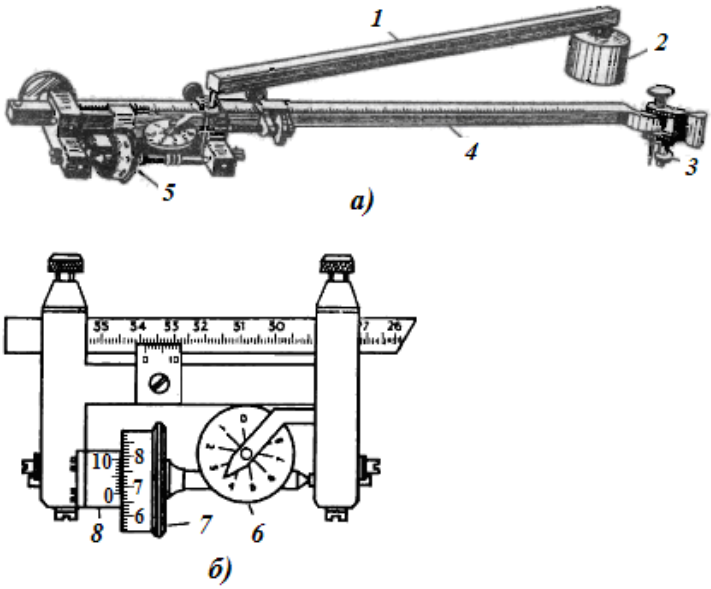

Рис. 3.5 - Полярний планіметр:
а - зовнішній вигляд; *б* - відліковий пристрій (відлік 3682)

Обвідний важіль зроблений з білого металу, має вигляд такого ж бруска, як і полюсний важіль. На одному кінці обвідного важеля змонтовано обвідний пристрій у вигляді тупого шпиля або обвідного скельця в металевій оправі з точкою у центрі (3). Шпиль або точку обвідного скельця переміщують по плану (карті) за допомогою серги. По обвідному важелю (4) пересувається каретка з відліковим механізмом (5). Залежно від її положення на важелі визначають його довжину, користуючись шкалою верньєра важеля.

У двокареткових планіметрів марки ПП-2К (планіметр полярний двокаретковий) на обвідному важелі змонтовано дві каретки однакової будови.

Для визначення площі якої-небудь фігури полюс полярного важеля закріплюють за допомогою голки на плані поблизу вимірюваної ділянки. Обвідний пристрій (шпиль або центр обвідного скельця) встановлюють на будь-яку позначену олівцем точку контуру і на відліковому механізмі беруть перший відлік (до обводу). Потім обвідним пристроєм обводять ділянку по контуру (бажано за годинниковою стрілкою) до повернення у початкову точку і беруть другий відлік m_2 (після обводу).

Різниця відліків (m_2-m_1) дасть площу обведеної фігури у поділках планіметра.

Площа фігури (S) буде визначатись за формулою:

$$S = C\,(m_2 - m_1), \qquad (3.8)$$

де C - ціна поділки планіметра.

Теоретично ціна поділки планіметра (C) визначається за формулою:

$$C = R * t, \qquad (3.9)$$

де R - довжина обвідного важеля (відстань від обвідної точки скельця до осі обертання важелів); t - розмір однієї поділки планіметра.

Звичайно $R \approx 160$ мм, а $t \approx 0{,}06$ мм.

Тобто, $C = 160 . 0{,}06 \approx 10$ мм^2 = 0,1 см^2.

Оскільки величина t дуже мала і одержати її точне значення важко, то практично ціну поділки планіметра визначають способом, викладеним нижче.

Для користування планіметром треба вміти читати відліки і визначати ціну поділки планіметра - встановлювати, скільком квадратним метрам відповідає одна поділка планіметра при даному масштабі плану.

Відлік на лічильному механізмі складається із 4 цифр: першу цифру читають на циферблаті проти нерухомого покажчика (індексу). причому беруть меншу з двох.

Другу цифру читають на барабані лічильного ролика - це номер молодшого підписаного штриха, найближчого до нуля верньєра (2); третю цифру також читають на барабані ролика - це кількість не підписаних поділок від другої цифри до нуля верньєра лічильного механізму (3); четверту цифру читають на верньєрі відлікового механізму - це номер поділки верньєра, рахуючи від нуля, яка точно співпадає з будь-якою поділкою на барабані ролика (4).

Визначення ціни поділки планіметра проводиться перед початком роботи. На папері такої ж якості, як і папір плану, будують квадрат із стороною 10 см, обчислюють його площу на місцевості у квадратних метрах за масштабом плану. Далі встановлюють планіметр у робоче положення, шпиль (або центр скельця) ставлять на одну з вершин квадрата, беруть відлік m_1 (початковий), обводять контур квадрата і дійшовши до початкової точки, беруть другий відлік m_2 (кінцевий). Площу квадрата ділять на різницю відліків (m_2- m_1) і знаходять ціну поділки планіметра у квадратних метрах.

Для більш точного визначення ціни поділки планіметра обводять квадрат 2-3 рази і знаходять середню різницю початкових і кінцевих відліків. Ціна поділки планіметра залежить від масштабу шану і довжини обвідного важеля: *чим більший знаменник чисельного масштабу і чим більша буде довжина обвідного важеля, тим більшою буде і ціна поділки.* Довжина обвідного важеля читається на самому важелі проти позначки верньєра відлікового механізму. Цю довжину можна змінити, пересунувши відліковий механізм ближче або далі від обвідного пристрою.

Перед початком роботи планіметр, як і кожний інший геодезичний прилад, треба перевірити. До планіметра пред'являються такі вимоги:

1. Відстань між барабаном лічильного ролика і дугою верньєра повинна бути мінімальною, не більше товщини листа паперу для записів:

2. Вісь лічильного ролика повинна бути паралельною до осі обвідного важеля; якщо цієї вимоги не додержати, середні з обводів при "полюсі право" (ПП) і "полюсі ліво" (ПЛ) відрізнятиметься більше ніж на 3 поділки:
3. Різниця відліків двох сусідніх обводів повинна відрізнятись не більше як на 2 поділки верньєра;
4. Лічильний ролик повинен легко обертатись і не мати люфту підшипниках.
5. Ремонт приладу проводять у майстерні.
6. При користуванні приладом геодезист має керуватись наступними практичними рекомендаціями, виконання яких сприяє успішному вимірюванню площі ділянок.
7. Перед початком роботи планіметр перевіряють і з відповідною точністю визначають ціну його поділки.
8. Папір, на якому накреслено план, ретельно розправляють і прикріплюють до креслярської дошки, яку кладуть на горизонтальну поверхню стола.
9. Положення полюса вибирають поза контуром з таким розрахунком, щоб при обводі фігури кут між важелями планіметра був не менше 30° і не більше 150°, а лічильний ролик відлікового механізму не сходив з плану на дошку. Для цього треба виконати попередній швидкий обвід контуру ділянки.
10. Обвід починають в тому місці контуру, де ролик ковзає або обертається повільно, коли важелі утворюють між собою кут близький до 90° і напрямок початкового та кінцевого руху шпиля (центра скельця) приблизно співпадає з напрямом обвідного важеля.
11. Обвідний пристрій ведуть по контуру плавним і рівномірним рухом за годинниковою стрілкою. Різких поштовхів і зупинок слід уникати.
12. Прямолінійні контури обводять від руки, не застосовуючи лінійки, щоб уникнути односторонньої помилки.
13. Для контролю результату кожний контур обводять не менше двох разів і розходження у різницях відліків не повинні перевищувати 3-4 поділки верньєра. В противному разі обводи повторюють і бажано при іншому положенні полюса.
14. Розтягнуті контури, а також контури великих фігур попередньо розбивають на частини і обчислюють площу кожної частини.
15. Для вимірювання малих площ ціну поділки зменшують у два - три рази шляхом відповідного зменшення довжини обвідного важеля.

При додержанні цих рекомендацій площі вимірюють планіметром з точністю 1/200 ÷ 1/400 вимірюваної величини [4].

В сучасних умовах, коли широке розповсюдження знаходять електронні прилади, для вимірювання площ застосовують електронні

планіметри. Ці прилади, крім обвідного пристрою, мають електронно - лічильний пристрій і обчислювальну клавішну машину для друку. На табло електронно-лічильного пристрою фіксується виміряна площа. Величина площі контуру, секції або частини можуть бути надруковані на паперовій стрічці обчислювальної машини для друку. Електронний планіметр підвищує точність визначення площ, тобто підвищує якість і продуктивність роботи по визначенню площ.

3. 2 Практична частина

1. Визначити: д**ирекційний кут** - $\alpha_{АБ}$, **азимут** - $A_{АБ}$, **магнітний азимут** - $A_{М\ АБ}$, **румб ,** напряму з **А** на **Б** по топографічній карті. Для Вашого аркуша карти δ **= 6°19′ східне ;** γ **= 2°01′ західне** (рис. 2.8, 2,9, 2.10).

2. Визначити на карті **площу**, задану викладачем (рис. 2.8, 2,9, 2.10).

3.3 Питання для самоперевірки

Для самостійної перевірки засвоєння змісту першої теми та успішного закріплення базових знань і вмінь по вивченому матеріалу, спробуйте дати усні відповіді на запитання, які наведені нижче.

1. Що таке орієнтування лінії на місцевості?
2. Визначення кутів орієнтування на топографічних картах.
3. Як виміряти на карті дирекційний кут і перейти від нього до магнітного азимута?
4. Чим відрізняється румб?
5. Якими трьома способами можна визначити площу по карті?
6. Який з трьох способів є найбільш точним?
7. Для чого потрібна палетка?
8. Як використовують планіметр?

Література

1. Методичні вказівки для самостійної роботи студентів заочної форми навчання по вивченню дисципліни «Основи геодезії» та виконанню контрольної роботи, напрям підготовки – «Гідрометеорологія» / ст. викл. Селезньова Л. В., ст. викл. Балан Г. К., ас., к. геогр. н. Отченаш Н. Д. Одеса: ОДЕКУ, 2014. 54 с.

2. Балан Г. К., Селезньова Л. В. Топографо-геодезичні дослідження водних систем: Конспект лекцій. Одеса: ТЕС, 2009. 134 с.

3. Колодеєв Є. І. Основи геодезії: Конспект лекцій. Дніпропетровськ: Економіка, 2005. 107 с.

4. Селезньова Л. В., Балан Г. К. Основи геодезії і картографії: Конспект лекцій. Одеса: ОДЕКУ, 2012. 114 с.

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

ДО ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ
З ДИСЦИПЛІНИ

«ОСНОВИ ГЕОДЕЗІЇ»

(для виконання першого практичного модуля)

Спеціальність 103 «Науки про Землю»

Укладачі: **Гриб Олег Миколайович**, к. геогр. н., доц.
Пилип'юк Віктор Вікторович, к. геогр. н., ст. викл.
Балан Ганна Костянтинівна, ст. викл.
Яров Ярослав Сергійович, ст. викл.
Гращенкова Тетяна Валеріївна, ас.

Підп. до друку	Формат	Папір
Умовн. друк. арк.	Тираж	Зам. №

Надруковано з готового оригінал-макета

Одеський державний екологічний університет
65016, Одеса, вул. Львівська, 15