

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Г.К. Балан, Л.В. Селезньова

**ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧНІ  
ДОСЛІДЖЕННЯ ВОДНИХ СИСТЕМ**

Конспект лекцій

Одеса-2009

**ББК 26.12**  
**С 29**  
**УДК 528.4**

*Друкується за рішенням Вченої ради Одеського державного екологічного університету  
(протокол № 9 від 30. 10. 2008 р.)*

**Балан Г. К., Селезньова Л. В.**

Топографо - геодезичні дослідження водних систем: Конспект лекцій.  
- Одеса: Вид-во "ТЕС", 2009, - 134 с.

В конспекті наведені основні відомості про елементи вимірювань на земній поверхні, систему географічних координат і висот, розглянуті системи Державних геодезичних мереж, картографічні проекції і номенклатура топографічних карт, загальні відомості про топографічні зйомки, розглянуті основні види знімальних робіт та дистанційні методи вивчення земної поверхні. Характеризуються топографічні карти і плани та методи й прийоми їх використання для екологічного моніторингу. Викладені методологічні основи картографічного моделювання еколого-географічної інформації

Конспект лекцій призначений для студентів природоохоронного факультету денної форми навчання із спеціальностей "гідроекологія".

© Одеський державний  
екологічний університет, 2009

## ЗМІСТ

|                                                                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ПЕРЕДМОВА .....                                                                                                 | 5  |
| 1 ПРЕДМЕТ ТА ЗАДАЧІ ГЕОДЕЗІЇ, ТОПОГРАФІЇ Й<br>КАРТОГРАФІЇ В ЕКОЛОГІЧНОМУ МОНІТОРИНГУ .....                      | 6  |
| 1.1 Визначення геодезії, топографії й картографії та їх зміст.....                                              | 6  |
| 1.2 Зв'язок геодезії топографії й картографії з іншими науками,<br>історія розвитку та організаційні форми..... | 9  |
| 1.3 Поняття про форму і розміри Землі .....                                                                     | 13 |
| 1.4 Елементи вимірювань на земній поверхні .....                                                                | 14 |
| 2 ПЛАН І КАРТА .....                                                                                            | 19 |
| 2.1 Зображення земної поверхні на площині .....                                                                 | 19 |
| 2.2 Поняття про план, профіль і карту.....                                                                      | 22 |
| 2.3 Масштаби.....                                                                                               | 22 |
| 2.4 Поняття про картографічні проекції.....                                                                     | 24 |
| 2.4.1. Конформна проекція Гаусса.....                                                                           | 26 |
| 2.5 Номенклатура карт .....                                                                                     | 28 |
| 2.6 Зображення рельєфу на планах і картах.....                                                                  | 31 |
| 2.7 Орієнтування ліній на місцевості.....                                                                       | 36 |
| 2.8 Зближення меридіанів. Перехід від азимута до дирекційного кута .....                                        | 38 |
| 2.9 Визначення площ .....                                                                                       | 39 |
| 2.9.1. Механічний спосіб .....                                                                                  | 39 |
| 3 ОСНОВИ ТЕОРІЇ ПОМИЛОК ВИМІРІВ .....                                                                           | 42 |
| 3.1 Виміри величин.....                                                                                         | 42 |
| 3.2 Помилки вимірів і їх види.....                                                                              | 43 |
| 3.3 Оцінка точності нерівноточних вимірів .....                                                                 | 45 |
| 3.4 Приклади практичного застосування теорії помилок.....                                                       | 46 |
| 3.4.1 Точність положення контурних точок на планах (картах) .....                                               | 46 |
| 3.4.2 Точність зображення ліній на плані .....                                                                  | 46 |
| 3.4.3 Точність напрямів і кутів, зображених на плані (карті) .....                                              | 47 |
| 3.4.4 Оцінка точності кутових вимірів .....                                                                     | 47 |
| 4. ТОПОГРАФІЧНІ ЗЙОМКИ .....                                                                                    | 48 |
| 4.1 Загальні відомості про топографічні зйомки .....                                                            | 48 |
| 4.2 Суть теодолітної зйомки .....                                                                               | 51 |
| 4.2.1 Позначення точок на місцевості .....                                                                      | 52 |
| 4.2.2 Вимір довжин сторін теодолітного ходу мірною стрічкою.....                                                | 52 |
| 4.2.3 Конструктивні елементи технічних теодолітів.....                                                          | 55 |
| 4.2.3.1 Загальні відомості.....                                                                                 | 56 |
| 4.2.4 Перевірки і юстирування теодоліта.....                                                                    | 59 |
| 4.2.5 Вимір горизонтальних і вертикальних кутів .....                                                           | 61 |
| 4.2.6 Камеральні роботи при теодолітній зйомці.....                                                             | 64 |
| 4.2.6.1 Обчислення координат вершин замкнутого і розімкненого<br>ходів теодолітної зйомки.....                  | 64 |
| 4.3 Вимір перевищень .....                                                                                      | 70 |

|         |                                                                                                         |           |
|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.3.1   | Поняття про барометричне нівелювання.....                                                               | 70        |
| 4.3.2   | Геометричне нівелювання.....                                                                            | 71        |
| 4.3.2.1 | <i>Нівеліри, їх будова та перевірки.....</i>                                                            | <i>72</i> |
| 4.3.2.2 | <i>Нівелірні рейки.....</i>                                                                             | <i>76</i> |
| 4.3.2.3 | <i>Обчислення відміток пунктів ходу технічного нівелювання.....</i>                                     | <i>82</i> |
| 4.3.3   | Тахеометрична зйомка.....                                                                               | 83        |
| 4.3.4   | Мензульна зйомка.....                                                                                   | 85        |
| 5       | ДИСТАНЦІЙНІ МЕТОДИ ВИВЧЕННЯ ЗЕМНОЇ ПОВЕРХНІ.....                                                        | 87        |
| 5.1     | Аерофотознімання.....                                                                                   | 87        |
| 5.1.2   | Аерофототопографічна зйомка.....                                                                        | 89        |
| 5.2     | Космічна зйомка.....                                                                                    | 90        |
| 5.2.1   | Предмет і завдання супутникової геодезії.....                                                           | 90        |
| 5.2.2   | Методи спостережень штучних супутників.....                                                             | 91        |
| 5.2.3   | Побудова нової геодезичної основи.....                                                                  | 92        |
| 6       | КАРТОГРАФІЧНІ ОБРАЗНО-ЗНАКОВІ ПРОСТОРОВІ МОДЕЛІ.....                                                    | 95        |
| 6.1     | Карти та їх властивості.....                                                                            | 94        |
| 6.2     | Класифікація карт.....                                                                                  | 97        |
| 6.3     | Географічні атласи та їх класифікація.....                                                              | 98        |
| 7       | ТОПОГРАФІЧНІ КАРТИ Й ПЛАНИ.....                                                                         | 99        |
| 7.1     | Характеристика й призначення топографічних карт та планів.....                                          | 99        |
| 7.2     | Географічний зміст топографічних карт.....                                                              | 102       |
| 7.3     | Умовні знаки.....                                                                                       | 105       |
| 7.4     | Зображення соціально-економічних об'єктів на карті.....                                                 | 108       |
| 7.5     | Основні елементи і форми рельєфу та їх зображення на карті.....                                         | 111       |
| 8       | РОБОТА З ТОПОГРАФІЧНОЮ КАРТОЮ НА МІСЦЕВОСТІ.....                                                        | 115       |
| 8.1     | Підготовка карти до роботи.....                                                                         | 114       |
| 8.2     | Топографічне орієнтування по карті.....                                                                 | 116       |
| 9       | КАРТОГРАФІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРИ ДОСЛІДЖЕННЯХ<br>В ЕКОЛОГІЧНОМУ МОНІТОРИНГУ.....                           | 122       |
| 9.1     | Суть еколого-географічного аналізу і оцінювання території<br>на основі картографічного моделювання..... | 120       |
| 9.2     | Загальні положення проектування, складання та<br>редагування карт.....                                  | 125       |
| 9.3     | Картографічне відображення інформації та її генералізація.....                                          | 129       |
|         | Література.....                                                                                         | 134       |

## ПЕРЕДМОВА

Темпи росту антропогенного впливу на природне середовище обумовлюють актуальність еколого-географічного аналізу й оцінювання території.

На всіх етапах екологічних робіт виникає необхідність виконати геодезичні роботи або скористатися їх результатами. Так, проектування природоохоронних заходів виконується з використанням топографічних карт, результати екологічних 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 обсяг геодезичних робіт виконується при підрахунку величини витрат на очищення або поліпшення стану тієї або іншої території. Для вирішення цих завдань еколог повинен мати знання з області геодезії і топографії.

Проблема якісної підготовки фахівців з екології та охорони навколишнього середовища знаходиться в тісному зв'язку з отриманням ними знань щодо використання картографічних методів дослідження й оцінювання території.

Метою вивчення дисципліни "Топографо-геодезичні дослідження водних систем" студентами, які навчаються за спеціальностями "Гідроекологія" і "Екологія рибного господарства" є отримання знань основ геодезії, топографії і картографії, практичних навиків ведення геодезичних та топографічних робіт, необхідних при вирішенні завдань, пов'язаних з охороною водного господарства.

В процесі вивчення дисципліни "Топографо-геодезичні дослідження водних систем":

а) студенти вивчають основні поняття, терміни і визначення геодезії, фігуру Землі, системи координат, карти, плани, будову геодезичних приладів, методи геодезичних вимірювань і їх обробку, способи створення знімального обґрунтування і технологію наземних зйомок;

б) повинні уміти виконувати перевірки, дослідження і юстирування геодезичних приладів, знати теорію і методи математичної обробки результатів геодезичних вимірювань з оцінкою їх точності, знати основні методи топографічних зйомок і уміти виконувати їх на місцевості і викреслювати план місцевості;

в) після вивчення дисципліни студенти повинні отримати навички й уміння вирішувати складні інженерно-технічні завдання з картографічного моделювання при дослідженнях в екологічному моніторингу.

# 1 ПРЕДМЕТ ТА ЗАДАЧІ ГЕОДЕЗІЇ, ТОПОГРАФІЇ Й КАРТОГРАФІЇ В ЕКОЛОГІЧНОМУ МОНІТОРИНГУ

## 1.1 Визначення геодезії, топографії й картографії та їх зміст

Екологічний моніторинг - це спеціальна система спостережень, контролю, прогнозування та керування станом природного середовища як у глобальному масштабі, так і в місцях найсильнішого антропогенного впливу.

Мета моніторингу - виявити критичні та екстремальні ситуації, фактори антропогенної дії на довкілля, проводити оцінювання, моделювання й прогнозування стану об'єктів спостереження, керувати дією й впливом об'єктів техносфери, атмосфери, гідросфери та літосфери.

Основні функції моніторингу:

- контроль за станом атмосфери, гідросфери й літосфери;
- контроль за джерелами забруднення, що впливають на зміну екологічної рівноваги довкілля;
- моделювання та прогнозування екологічного стану атмосфери, гідросфери та літосфери;
- керування екологічними процесами.

Існує три рівні спостереження за станом навколишнього середовища: космічні з супутників або пілотованих кораблів; аероспостереження з літаків; наземні - рухомі, нерухомі та стаціонарні. Результати аналізу матеріалів спостережень за екологічним станом представляють у вигляді таблиць, графіків та картографічних образно-знакових просторових моделей.

При моделюванні та прогнозуванні екологічного стану довкілля використовують картографічні методи досліджень. Суть картографічного методу полягає у використанні в процесі дослідження дійсності проміжного ланцюга - географічної карти як моделі явищ, що вивчаються. При цьому карта виступає як в якості засобів дослідження, так і його предмета у вигляді моделі, що замінює собою реальні явища, безпосереднє вивчення яких неможливе або ускладнене.

При екологічному прогнозі карти використовують для передбачення явищ, а саме: їх розповсюдження та стану в просторі й зміни в часі. Прогнози розповсюдження явищ на земній поверхні ґрунтуються на дослідженні закономірностей розміщення явищ на добре досліджених територіях та на інтерполяції або екстраполяції тих виявлених закономірностей в просторі, що недостатньо вивчені.

**Геодезія** - це наука про вимірювання на земній поверхні. Ці вимірювання дають можливість визначити форму і розміри Землі, а також зобразити окремі її ділянки на папері у вигляді топографічних карт і планів.

Як наука, геодезія виникла в глибокій давнині і розвивалася із зростанням потреб людини в господарстві: поділ земельних ділянок, будівництво зрошувальних каналів, доріг, мостів, тунелів, вивчення водного режиму крупних басейнів, природних багатств і так далі.

Для проведення будь-яких робіт на місцевості в першу чергу необхідно вивчити її поверхню, для чого проводяться на цій поверхні вимірювання, їх математична обробка і складання планів, карт, профілів, які є кінцевою продукцією геодезичного виробництва.

Таким чином, основним завданням геодезії є вивчення наступних методів:

- вимірювання ліній і кутів на поверхні, над поверхнею (аерофотозйомка, космічна зйомка), під поверхнею (у шахтах, тунелях, підземних галереях і тому подібне); математична обробка і аналіз цих вимірювань;
- графічна побудова і оформлення карт, планів, профілів.

Кarti, плани, профілі необхідні для вирішення різних завдань в народному господарстві: у землеустрої, будівництві житлових і промислових об'єктів, при дослідженні і будівництві доріг, водосховищ і сховищ природних корисних копалини і інш.

Внаслідок численних завдань, що покликана вирішувати геодезія, в даний час вона поділяється на декілька наукових дисциплін, кожна з яких займається вирішенням порівняно невеликого числа питань.

Так, розробка методів визначення розмірів і фігури Землі, вивчення горизонтальних і вертикальних рухів земної кори складають предмет *вищої геодезії*.

*Фототопографія і аерофототопографія* займаються розробкою методів створення планів і карт по фотознімках і аерофотозйомках місцевості.

Технічна дисципліна, що має своїм завданням визначення вигляду і розмірів будь-якого об'єкта шляхом вивчення і вимірювання не самого об'єкта, а його фотографічного зображення, називається *фотограмметрією* (вимірювальною фотографією).

Найширше застосування фотограмметрія одержала в топографії, де об'єктом вивчення і вимірювання є місцевість.

*Прикладна (інженерна) геодезія* займається вивченням методів геодезичних робіт, що виконуються при дослідженнях, будівництві і експлуатації інженерних споруд, включаючи спостереження за деформаціями останніх.

Зміст геодезії за останні роки значно розширився у зв'язку із запуском штучних супутників Землі (ШСЗ) і космічних ракет.

З'явився новий розділ геодезії - *космічна і супутникова геодезія*, в якому вивчаються питання використання спостережень космічних об'єктів, штучних і природних супутників Землі для вирішення наукових і науково-технічних завдань геодезії.

Надзвичайно важливі результати, одержані методами космічної геодезії для вирішення завдань геофізики і, перш за все, завдань геодинаміки.

Підвищення точності вимірювань в космічній геодезії і вдосконалення методів їх математичної обробки дозволяють одержати кількісні дані про еволюцію фігури і гравітаційного поля Землі в часі.

Це дозволяє встановити характер і особливості руху материків, закономірності протікання тектонічних процесів, одержати дані для прогнозу,

пошуку корисних копалини і ефективного прогнозу сейсмічних процесів, зокрема сильних землетрусів.

Актуальною проблемою при виконанні космічних і аерофотограметричних зйомок є автоматизоване отримання точної навігаційно-геодезичної інформації для прокладення рівномірної мережі знімальних маршрутів і прив'язка точок маршрутів в моменти вимірювання параметрів геофізичних полів.

Із-за різноманіття геофізичних методів розвідки корисних копалин внаслідок великого діапазону вимог, що пред'являються до точності визначення координат і висот пунктів знімальної мережі, при створенні останніх використовується велика кількість геодезичних засобів, способів, прийомів.

Потреба народного господарства в топографо-геодезичних і картографічних матеріалах повинна визначатися на основі аналізу топографо-геодезичної забезпеченості території, постанов уряду, заявок міністерств і відомств, а також виходячи з наукових і найважливіших народногосподарських завдань.

**Топографія** є одним із розділів геодезії.

Топографія - наукова дисципліна, що займається детальним вивченням земної поверхні в геометричному відношенні, дослідженням й розробкою способів зображення цієї поверхні на площині в вигляді топографічних карт й планів. Слово "топографія" грецького походження й складається з двох частин: "топос" - місцевість і "графо" - писати, тобто означає в прямому перекладі - "описувати місцевість".

Задачі топографії:

- визначення положення окремих точок земної поверхні з метою відображення отриманої геоінформації у вигляді топографічних карт чи цифрових моделей місцевості;

- виконання вимірювань на земній поверхні, що необхідні для проектування, будівництва й експлуатації інженерних споруд, використання природних багатств та розробки геоінформаційних систем для регіонального екологічного моніторингу.

**Картографія** - галузь науки, техніки й виробництва, що включає вивчення, створення й використання картографічних творів.

Задача картографії - відображення й дослідження просторового розміщення, поєднань /сполучень/ та взаємозв'язку явищ природи й суспільства за допомогою особливих образно-знакових моделей – картографічних зображень.

Структура картографії включає розгалужену систему наукових та технічних дисциплін.

Загальна теорія картографії - розділ, в якому розглядаються загальні проблеми, предмет й метод картографії як науки, а також окремі питання методології створення й використання карт.

Математична картографія - дисципліна, що вивчає математичну основу карт, розробляє теорію картографічних проекцій, методи побудови картографічної мережі, аналізу й розподілу спотворення в них.

Проектування й складання карт передбачає вивчення й розробку методів та технології лабораторного виготовлення карт.

Оформлення карт та картографічна семіотика розробляють мову карти, теорію й методи побудови систем картографічних знаків, художнього проектування карт та їх кольорового оформлення. В межах картографічної семіотики вивчають правила побудови знакових систем та користування ними (синтактика), співвідношення знаків з об'єктами, що відображуються (семантика), інформаційна цінність знаків та їх сприймання користувачами (прагматика).

*Видання карт* - технічна дисципліна, що вивчає й розробляє технологію друку, розмноження, поліграфічного оформлення карт, атласів та іншої картографічної продукції.

*Використання карт* - розділ, в якому розробляють теорію й методи використання картографічної продукції в різних сферах наукової, практичної, культурної та іншої діяльності.

*Історія картографії* вивчає історію ідей, методів картографування, розвиток картографічного виробництва, а також стару картографічну продукцію.

Картографічне джерелознавство розробляє методи систематизації картографічних джерел, що необхідні для створення карт.

Картографічна інформатика вивчає й розробляє методи збирання, збереження та видачі споживачам інформації про картографічні вироби й джерела.

Картографічна топоніміка - дисципліна, що вивчає географічні назви, їх змістове значення з точки зору правильної передачі на картах.

## **1.2 Зв'язок геодезії топографії й картографії з іншими науками, історія розвитку та організаційні форми**

Достовірне зображення й дослідження дійсності засобами картографічних зображень як особливих просторових моделей реальних явищ неможливе без тісного взаємозв'язку з багатьма науками. Історично картографія найбільш близька до географії й геодезії. Значення геодезії для картографії полягає в тому, що вона надає дані про форму й розміри Землі, координати точок земної поверхні, методи вимірювань й просторової фіксації. Топографія й картографія широко застосовують аерознімки як ефективний засіб отримання різносторонньої інформації про місцевість з її фотографій.

В основі методів розв'язання наукових й практичних задач топографії й картографії лежать закони математики і фізики. Математичні знання використовуються для розробки науково обґрунтованих схем постановки й виконання топографо-геодезичних вимірювань. На основі математики виконують обробку результатів вимірювань, що дозволяє отримувати з найбільшою ймовірністю значення шуканих величин. Широко використовуються при розв'язанні топографо-геодезичних задач ЕОМ.

Закони механіки застосовуються при вивченні фігури Землі та її гравітаційного поля. Розділи фізики, такі як оптика, електроніка й радіотехніка, необхідні для розробки та експлуатації геодезичних приладів, що вико-

ристовуються при топографічних зніманнях. Сучасні досягнення фізики в галузі голографії широко використовуються при конструюванні картографічної апаратури, проектуванні й оформленні карт.

Геодезія, картографія й топографія широко використовують досягнення інформатики, що займається вивченням методів збирання, перетворення, збереження, пошуку, передачі й розповсюдження наукової інформації. Особливо ефективно використання методів й прийомів інформатики, що дозволяють організовувати інформативно-картографічну службу та автоматизувати обробку виміральної картографічної інформації.

Відомості з астрономії потрібні для розробки й використання астрономічних способів визначення координат земної поверхні, що необхідні для картографічного відображення, перетворення й аналізу геоінформації. Космонавтика, а саме космічні знімання земної поверхні, що виконуються за допомогою фотографічної апаратури та електронно - сканувальних приладів космічного базування, розміщених на штучних супутниках Землі, пілотованих космічних кораблях та орбітальних станціях, займають чільне місце у виконанні топографо-геодезичних робіт. Результати дистанційного зондування земної поверхні з космосу є підґрунтям для екологічного моніторингу.

Геоморфологія як наука про походження й розвиток рельєфу земної поверхні необхідна топографії й картографії для достовірного зображення форм рельєфу на картах та планах.

Картографія тісно пов'язана з такими галузями знань, як геологія, геофізика, метеорологія, гідрологія, синоптика, соціологія, економіка, народонаселення та інші. Видатний учений академік І.М. Губкін вказував, що геолог, гідролог, еколог, гідротехнік, інженер-будівельник та інші не можуть успішно виконувати роботи без використання топографо-геодезичних матеріалів. Він вважав, що всі ці спеціальності без топографічної карти - є те саме, що столяр без сокири або коваль без молотка.

Топографія й картографія виникли ще в глибокій давнині і розвивались, виходячи з практичних запитів людства. За 4000 років до нашої ери в Єгипті побудовані іригаційні споруди із застосуванням точних геодезичних вимірювань. За 3000 років до нашої ери китайці відкрили властивість підвішеної магнітної пластинки вказувати сторони горизонту.

В 500 р. до нашої ери Піфагор висловив гіпотезу, що Земля має форму кулі, а в четвертому столітті до нашої ери Аристотель довів, що форма нашої планети дуже близька до форми кулі. В третьому віці до нашої ери Ератосфен визначив радіус Землі. Піраміда Хеопса висотою 146,6 м побудована правильної геометричної форми і орієнтована точно на північ. Для навчання мистецтву топографії геодезичних робіт єгиптяни за 1700 років до нашої ери склали посібник практичної геодезії. В 1 - II віці нашої ери грецький вчений Клавдій Птоломей розробив картографічні проекції.

На розвиток геодезії й топографії значно вплинули відкриття та завоювання в XV та XVI віках нових земель. В XVII – XVIII ст., коли сформувались великі держави, інтенсивно розвивалась картографія, виникла необхідність з

високою точністю визначати значні відстані. З цією метою в 1614 році голландський вчений В.Скелліце запропонував спосіб тріангуляції, який до мінімуму скорочує дороги та трудомісткі лінійні вимірювання. За результатами високоточних вимірювань кутів трикутника обчислюють довжину його сторін. В 1609 році Галілей винайшов зорову трубу, яка є однією з основних частин більшості геодезичних приладів, що використовуються при топографічних зніманнях.

Певного розвитку досягли топографічні й картографічні роботи і в Київській Русі. В Санкт-Петербурзі в Ермітажі зберігається кам'яна плита - пам'ятник, що знайдена поблизу Тамані, з надписом про те, що в 1068 році князь Гліб проміряв по льоду Керченську протоку, розміри якої від Тамані до Керчі 22,5 км. Перша з карт, на якій відображена більша частина Російської держави, була складена в другій половині XVI століття й мала назву "Великий креслюнок".

В 1627 році, як доповнення до "Великого креслюнка", була складена карта, що називалась "Креслюнок українським й черкаським містам від Москви до Криму". В 1648 році французький інженер Г. Боплан видав карту частини України, що належала Польсько-Литовській державі. Після 1654 року терен України зображували на картах та в атласах Російської імперії.

Розвиток геодезичної та топографічної науки й освіти на сучасному терені України своїм корінням сягає в XVII - XVIII століття. В ті часи практичну геометрію викладали в Києво-Могилянській академії, Харківському коледжі, Львівському університеті. В 1922 році спеціалістів з вищою освітою розпочав готувати Харківський геодезичний і землевпорядний інститут, вчені якого в 1945 році в Львівському політехнічному інституті відкрили геодезичний факультет. З 1933 року картографів готують в Київському державному університеті. З 1958 року інженерів-геодезистів навчають в Київському національному університеті будівництва й архітектури.

Успішна діяльність топографо-картографічної служби визначається рівнем наукових досліджень та якістю підготовки спеціалістів. В теперішній час підготовкою на Україні фахівців з вищою геодезичною та картографічною освітою та виконанням наукових досліджень займаються в Київському національному університеті, Київському національному університеті будівництва і архітектури, університеті "Львівська політехніка". Донецькому державному технічному університеті та в інших вузах. Суттєвий внесок в розвиток топографо-геодезичних наук зробили українські вчені А.В. Буткевич, М.Г.Відуєв, А.Г. Григоренко, Г.О. Мещеряков, М.К. Мігель, А.Д.- Моторний, А.Л. Островський, Ю.В. Поліщук, В.Л. Сердюков та інші.

Координацію та виконання топографо-картографічних робіт на території України здійснюють відповідні організації та служби. З метою забезпечення господарства України топографо-геодезичними матеріалами, картографічною продукцією та створення основи Державного кадастру постановою Кабінету Міністрів України № 306 від 01.11.91 р. створене головне управління геодезії, картографії та кадастру (Укргеодезкартографія).

В подальшому головне управління було реорганізовано в департамент Укргеодезкартографія Міністерства екології та природних ресурсів України.

Укргеодезкартографія є центральним органом державної виконавчої влади, на яке покладаються такі основні функції:

- розробка концепції перспективного розвитку топографо-геодезичних та картографічних робіт на території України;
- виконання геодезичних, астрономічних, гравіметричних робіт в єдиній системі координат а також топографічних знімачів усіх масштабів та ведення картографічного моніторингу території України, включаючи шельфову зону і населені пункти;
- здійснення державного геодезичного нагляду за виконанням вказаних робіт підприємствами і організаціями незалежно від форм власності та відомчої належності.

До сфери функціонального управління Укргеодезкартографії входять: ЗАТ "Інститут передових технологій розробки систем геоінформаційного забезпечення" (м. Київ), Українське аерогеодезичне науково-дослідне та експериментально-виробниче підприємство картографії (м. Київ), підприємство "Донбасмаркшейдерія" (м. Артемівськ), Кримське управління міського кадастру й геодезії (м. Сімферополь), Київське підприємство геодезії, картографії, кадастрових й геоінформаційних систем (м. Київ), Державна картографічна фабрика (м. Вінниця), науково-виробниче об'єднання "Пошук" (м. Вінниця); Подільське підприємство геодезії, картографії та кадастру (м. Вінниця).

Функції координації, організації й формування Державної геоінформаційної системи України для різних галузей народного господарства покладено на Державну комісію з геоінформаційних систем при Укргеодезкартографії. Для ведення топографо-геодезичних робіт на сучасному рівні й розробки нових технологій топографо-картографічна служба України бере активну участь в роботі ряду міжнародних геодезичних картографічних організацій. Вона є членом Міжнародної картографічної асоціації, Міжнародного союзу з фотограмметрії та дистанційного зондування, Міжнародної асоціації геодезії та геодинаміки, бере активну участь в роботі Міждержавної ради з геодезії держав СНД.

Як інженерна наука геодезія тісно пов'язана з математикою, астрономією, фізикою, геофізикою і геологією, географією, геоморфологією, ґрунтознавством, землевпоряджувальним і дорожнім проектуванням, гірською справою і інш.

## КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ДЛЯ ПЕРЕВІРКИ ЗНАНЬ

1. Дайте визначення геодезії, топографії й картографії.
2. Які завдання вирішує геодезія ?
3. Які завдання топографії?
4. Наведіть структуру картографії.
5. Проаналізуйте зв'язок геодезії топографії й картографії з іншими науками.

6. Охарактеризуйте історію розвитку геодезії топографії й картографії.

### 1.3 Поняття про форму і розміри Землі

При вирішенні ряду геодезичних завдань необхідно знати з високим ступенем надійності форму і розміри Землі.

Градусні вимірювання показали, що рівним дугам на земній поверхні відповідають нерівні центральні кути, при цьому кути, що спираються на рівні дуги, збільшуються від екватора до полюсів, тобто поверхня сплюснута біля полюсів унаслідок обертання Землі навколо своєї осі.

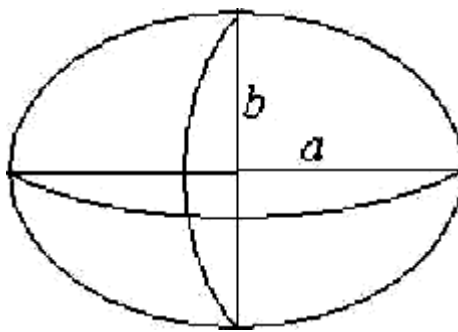


Рис. 1.1 - Поверхня Землі

В зв'язку з тим, що маси в тілі Землі розміщені нерівномірно, ця поверхня має надто складну форму, котру неможливо виразити простою математичною формулою.

Оскільки Земля не є правильним геометричним тілом, то в геодезії введене поняття **геоїда**. **Геоїдом** називають геометричне тіло, обмежене рівневою поверхнею, яка збігається з поверхнею морів та океанів при спокійному стані водних мас й уявно продовжена під материками таким чином, щоб напрямки сил тяжіння перетинали її під прямим кутом.

Ця рівнева поверхня має такі властивості: вона є опуклою поверхнею, перпендикулярною до напрямку сили тяжіння (прямовисної лінії) в кожній своїй точці.

Поверхню з такими властивостями можна провести через будь-яку точку прямовисної лінії і ця поверхня називається рівневою поверхнею цієї точки.

У геодезії замість фігури геоїда приймають близьку до неї фігуру **еліпсоїда обертання (сфероїда)**, що виходить від обертання еліпса навколо його малої осі (рис. 1.1).

Впродовж двох останніх сторіч учені неодноразово визначали розміри земного еліпсоїда (таблиця 1.1).

Таблиця 1.1- Розміри земного еліпсоїда

| Дослідники  | Рік  | Розміри піввісі<br>у метрах |           | Стиснення<br>$\alpha = (a-b)/a$ |
|-------------|------|-----------------------------|-----------|---------------------------------|
|             |      | велика                      | мала      |                                 |
|             |      | <i>a</i>                    | <i>b</i>  |                                 |
| Деламбр     | 1800 | 6 375 653                   | 6 356 564 | 1 : 334.0                       |
| Вальбек     | 1819 | 6 376 896                   | 6 355 833 | 1 : 302.8                       |
| Бессель     | 1841 | 6 377 397                   | 6 356 079 | 1 : 299.2                       |
| Кларк       | 1880 | 6 378 249                   | 6 356 515 | 1 : 293.5                       |
| Хейфорд     | 1909 | 6 378 388                   | 6 356 912 | 1 : 297.0                       |
| Красовський | 1940 | 6 378 245                   | 6 356 863 | 1 : 298.3                       |

Результати, одержані Деламбром, мають історичне значення: одна десятимільйонна частина чверті меридіана Деламбра (паризького) прийнята за одиницю вимірювання метричної системи *К метр*.

Результатами, одержаними Бесселем, користувалися в Росії, а потім в СРСР до 1946 р.

У 1940 р. геодезистами під керівництвом проф. Ф. Н. Красовського і при участі проф. А. А. Ізотова, на основі великого геодезичного матеріалу одержані найбільш достовірні розміри земного еліпсоїда, прийняті для геодезичних робіт по резолюції від 7 травня 1946 р.

Але, користуючись земним сфероїдом для визначення форми і розмірів Землі, мало знати тільки його розміри: необхідно його правильно орієнтувати в тілі Землі з дотриманням найбільшої близькості поверхні сфероїда до поверхні геоїда. Сфероїд, орієнтований певним чином в тілі геоїда, називається **референц-еліпсоїдом Красовського**.

Для кожної великої держави (або групи країн, менших за площею) існує свій референц-еліпсоїд.

Розвиток методів космічних досліджень привів до значного підвищення точності визначення фундаментальних сталих астрономії і геодезії.

На Генеральній Асамблеї Міжнародного астрономічного союзу в Греноблі в 1976 р. була прийнята "Система астрономічних постійних МАС (1976)", в якій вказані наступні параметри референц-еліпсоїда:  $a = 6\,378\,140 \pm 5$  м,  $\alpha = 1: 298.257$  (малу вісь еліпсоїда можна обчислити, знаючи величину великої осі і стиснення еліпсоїда).

#### 1.4 Елементи вимірювань на земній поверхні

Взаємне положення точок земної поверхні визначається шляхом вимірювання ліній між ними і кутів між напрямками. Для вимірювання ліній застосовують лінійні прилади (рулетки, мірні стрічки, радіо - і світлодалекоміри), для вимірювання кутів – кутомірні прилади.

Для складання карт беруться не виміряні значення ліній на фізичній поверхні Землі, а їх проекції на середню рівневу поверхню, допускаючи, що геоїд і референц-еліпсоїд на даній ділянці співпадають.

Це зручно і тим, що всі геодезичні інструменти встановлюються по рівню і їх вертикальні осі таким чином поєднуються з прямовисною лінією. Якщо користуватися референц-еліпсоїдом, то проектування точок земної поверхні слід проводити по нормалях до сфероїда, напрямки яких не співпадають з прямовисною лінією і визначення яких ускладнено. Тому виміряні відстані проектується прямовисними лініями на поверхню еліпсоїда і ці проекції використовуються при складанні карт.

Для визначення просторового положення точки земної поверхні окрім відстаней вимірюються **горизонтальні і вертикальні кути** (останні частіше називають кутами нахилу).

Принцип вимірювання горизонтального кута полягає в тому, що через вершину  $A$  (рис. 1.2) мислено проводиться горизонтальна площина  $M$ , дотична до рівневої поверхні в точці  $A$ .

Потім напрямки ліній  $AB$  і  $AC$  місцевості проектується вертикальними площинами  $V_1$  і  $V_2$ , що проходять через прямовисну лінію  $AA_1$ , на горизонтальну площину і в перетині вертикальної і горизонтальної площин виходять лінії  $Ab$  і  $Ac$ .

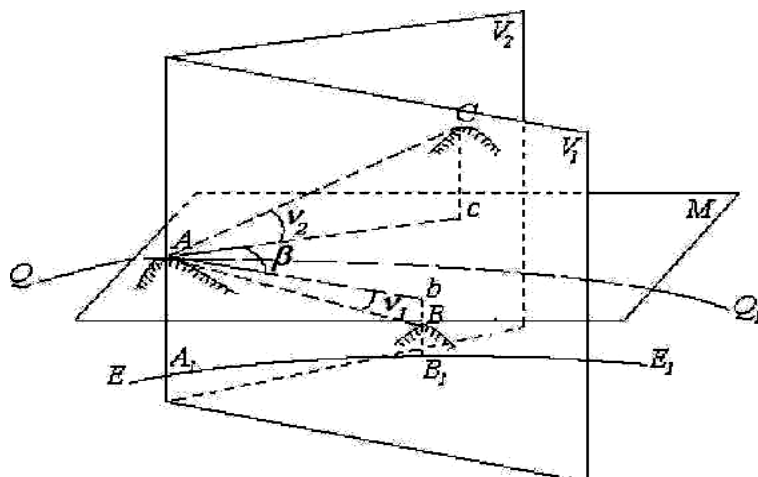


Рис. 1.2 - Принцип вимірювання кутів

$QAQ_1$  - рівнева поверхня точки  $A$

$EA_1B_1E_1$  - поверхня земного еліпсоїда

Кут  $\beta$ , що лежить між проекціями  $Ab$  і  $Ac$  ліній місцевості  $AB$  і  $AC$  на горизонтальну площину  $M$ , називається **горизонтальним**.

Для отримання уявлення про підвищення і зниження земної поверхні вимірюють кути нахилу  $\nu_1$  і  $\nu_2$ , між напрямками ліній на місцевості  $AB$  і  $AC$  і їх проекціями  $Ab$  і  $Ac$  на горизонтальну площину.

Кут  $\nu_1$ , розташований нижче за горизонтальну площину, називається від'ємним кутом нахилу або кутом зниження і має знак „мінус”, а кут  $\nu_2$ , розташований над горизонтальною площиною, називається додатним кутом нахилу або кутом підвищення і має знак „плюс”.

Кути в геодезії вимірюються в градусній мірі. Кут в  $1^\circ$  рівний  $1:360$  частини кола і містить в собі  $60'$  (хвилин) і  $3600''$  (секунд). Крім того, величину кута можна визначити відношенням довжини дуги до її радіуса

$$\varphi = s/R \quad (1.1)$$

При цьому за одиницю вимірювання береться радіан, тобто кут, дуга якого рівна радіусу:  $s = R$ .

Оскільки в колі укладається  $2\pi$  радіусів, то коло містить  $2\pi$  радіана.

Отже

$$\rho^\circ = 360/2\pi = 57.3^\circ, \quad \rho' = 360 \cdot 60'/2\pi = 3438',$$

$$\rho'' = 360 \cdot 3600''/2\pi = 206265''.$$

Для обчислення значення кута в градусній мірі використовується формула

$$\varphi = \rho s/R, \quad (1.2)$$

де під символом  $\rho$  мається на увазі  $\rho^\circ$ ,  $\rho'$  або  $\rho''$ .

Одночасно з градусною мірою застосовується і градова (головним чином, в європейських країнах): прямий кут ділиться не на 90 частин, а на 100, званих градами. Кожен град містить в собі 100 градових хвилин, а кожна градова хвилина містить 100 градових секунд.

### 1.5 Визначення положення точок земної поверхні

Фізична поверхня нашої планети має нерівності - поглиблення і підвищення. Тому виміряні на земній поверхні лінії, для зображення їх на папері, проєктуються на горизонтальну площину.

Ортогональна проєкція  $ab = S_1$  лінії місцевості  $AB = l_1$  на горизонтальну площину називається *горизонтальним прокладенням* (рис. 3), що обчислюється за формулою

$$ab = AB \cos \beta_1.$$

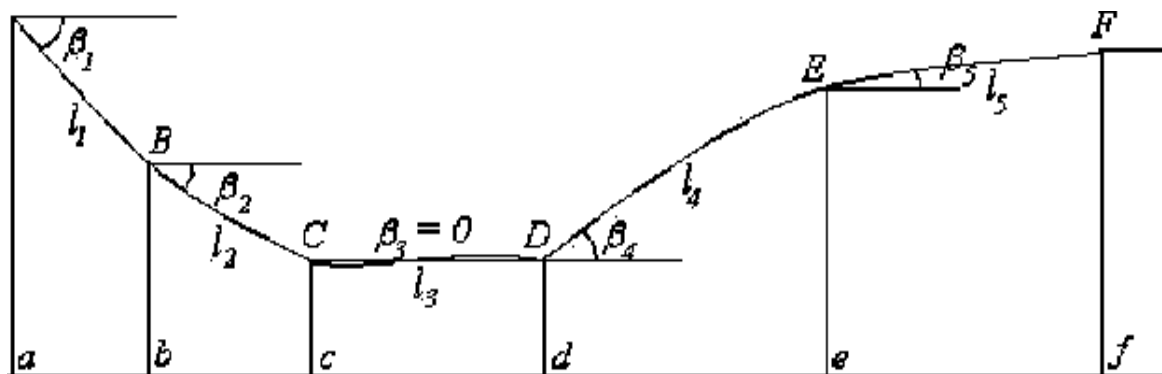


Рис. 1.3 - Ортогональна проекція

Нерівності земної поверхні характеризуються відмітками, які є числовими позначеннями висот точок земної поверхні, тобто відрізків перпендикулярних ліній від поверхні Землі до рівневої поверхні.

**Якщо відмітка точки визначається щодо рівневої поверхні океану або моря, то вона називається абсолютною.**

Якщо ж відмітка визначається відносно будь-якої рівневої поверхні, що проходить через вибрану точку, то відмітка називається **відносною** або **умовною**.

Відмітки точок нерідко називають **висотами** або **альтитудами** і позначають буквою **H**.

Різниця відміток сусідніх точок земної поверхні називається **перевищенням**, яке позначається буквою **h**.

Залежно від взаємного положення точок перевищення може бути додатним або від'ємним.

Положення точок земної поверхні будуть відомими, якщо окрім відміток будуть відомі ще й їх ортогональні проекції на рівневу поверхню.

**Положення проекцій цих точок визначаються координатами в тій або іншій системі.**

Дуже зручною, єдиною для всієї земної кулі, є система **географічних координат**: широта  $\varphi$ , відлічувана від екватора в межах  $0^\circ - 90^\circ$  на північ і південь, і довгота  $\lambda$ , відлічувана від  $0^\circ$  до  $180^\circ$  в обидві сторони від початкового меридіана (рис.1.4).

**За початковий меридіан береться Гринвіцький меридіан** (що проходить через астрономічну обсерваторію в Гринвічі).

Додатними вважаються північна широта і східна довгота, від'ємними - південна широта і західна довгота.

Для визначення горизонтальних проекцій широко поширена **система плоских прямокутних координат** (рис. 1.5).

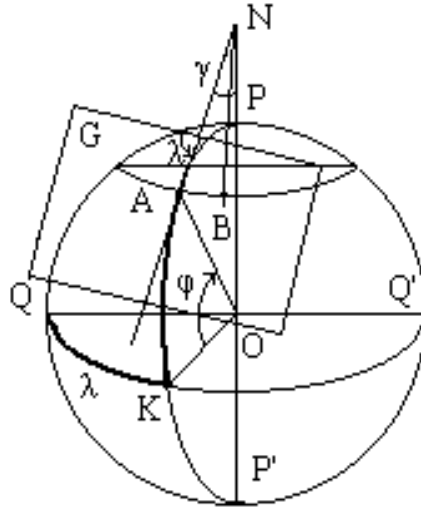


Рис. 1.4- Географічні координати

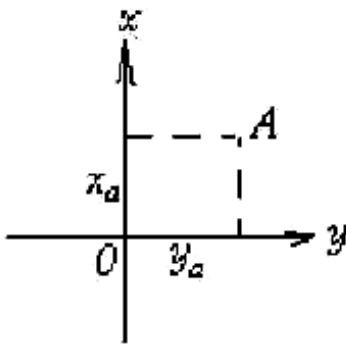


Рис. 1.5 – Прямокутні координати

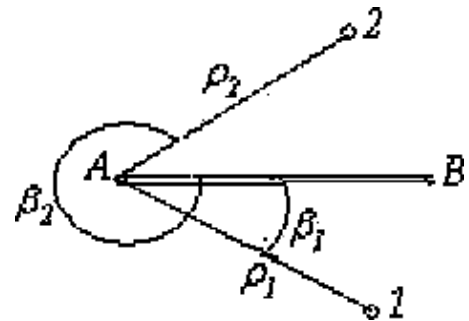


Рис. 1.6 - Полярні координати

Вісь абсцис розташована в площині меридіана; позитивним вважається північний напрям. Вісь ординат лежить в площині першого вертикала (великого кола, перпендикулярного площині меридіана), і позитивний напрям - східний.

Дуже часто при виконанні топографо-геодезичних робіт використовується система **полярних координат** на площині і в просторі.

У геодезії найчастіше застосовується **полярна система** координат на площині (рис. 1.6). За початок координат береться точка **A**, звана **полюсом**, а жорсткий напрям **AB** називається **полярою**.

Координатами визначених точок є полярні кути  $\beta$ , відлічувані від поляри за годинниковою стрілкою в діапазоні  $0^\circ - 360^\circ$ , і полярні відстані  $\rho$ .

## Контрольні запитання

1. Форма і розміри Землі; ідея градусних вимірювань. Поняття про геоїд, референц-еліпсоїд.
2. Що означає термін "геодезичні елементи" і як вони визначаються?
3. Визначення положення точки на земній поверхні. Системи координат, використовувані в геодезії.
4. Дати поняття фізичної поверхні Землі, рівневої поверхні, геоїда.
5. Що таке референц-еліпсоїд? Які параметри референц-еліпсоїда Кра-совського?
6. Які координати геодезичні, географічні?
7. Що таке висота точки? Дати поняття системи висот. Що таке перевищення?
8. Що таке осьовий меридіан?
9. Як відлічуються координати в зональній плоскій прямокутній системі координат?
10. Що таке місцева система координат?

## 2 ПЛАН І КАРТА

### 2.1 Зображення земної поверхні на площині

При зображенні на папері поверхні Землі і її частин потрібно враховувати, що за формою вона близька до еліпсоїда обертання, а у ряді випадків її часто приймають за поверхню кулі з середнім радіусом 6371 км (іноді 6400 км).

При зйомці невеликих ділянок кривизною кулі взагалі нехтують, вважаючи рівневу поверхню площиною.

Тому виникають питання:

1 - як впливає кривизна Землі на визначення горизонтальних і вертикальних відстаней ?

2 - в якому випадку можна нехтувати впливом кривизни?

Для відповіді на поставлені питання необхідно визначити різницю між дугою  $AB = s$  і її хордою  $AB = 2R \sin \varphi$ , з одного боку, і дугою  $AB = s$  і дотичною  $A'B = 2R \operatorname{tg} \varphi$  - з іншого,

тобто  $\Delta \sigma = s - AB$  і  $\Delta s' = s - A'B'$  (рис. 2.1).

Значення кута в радіанній мірі, матиме вираз:  $\varphi = s/2R$ .

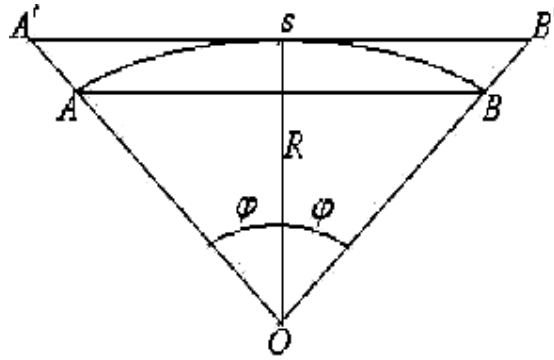


Рис. 2.1- Значення кута в радіанній мірі.

Довжина дотичної  $A'B'$  відрізняється від кривої на більшу величину, ніж довжина хорди.

Якщо взяти  $AB = 20$  км, то при  $R = 6400$  км, відносна похибка буде менше **1:1 000 000**.

З такою точністю лінії на місцевості завдовжки 20 км можна виміряти тільки найточнішими методами вимірювань.

Отже, при зображенні ділянок місцевості, що мають протяжність до 20 км і площею до 40 000 га (20x20 км), кривизну Землі можна не враховувати і частину рівневої поверхні таких розмірів приймати за площину.

Зображення ділянки земної поверхні без урахування кривизни Землі, тобто проектування ліній земної поверхні на горизонтальну площину значно спрощує геодезичні дії.

Таблиця 2.1- Вплив кривизни земної поверхні на довжину ліній

| $S$ , км | $\Delta S$ , см | $\Delta S/S$ | $S$ , км | $\Delta S$ , м | $\Delta S/S$ |
|----------|-----------------|--------------|----------|----------------|--------------|
| 10       | 0.20            | 1:4 926 000  | 40       | 0.13           | 1:304 000    |
| 20       | 1.64            | 1:1 218 000  | 50       | 0.26           | 1:195 000    |
| 30       | 5.55            | 1:304 000    | 100      | 2.05           | 1:49 000     |

При визначенні відміток точок земної поверхні кривизну Землі необхідно враховувати навіть при невеликих відстанях. Якщо точки  $A$  і  $B$  знаходяться на одній рівневій поверхні, тоді перевищення між ними рівні нулю:

$$H_B - H_A = 0. \quad (2.1)$$

Але якщо для визначення перевищення між точками  $A$  і  $B$  приймати не рівневу поверхню, а горизонтальну лінію  $AB'$ , дотичну до рівневої поверхні в точці  $A$ , то точка  $B$  виявиться нижче точки  $A$  на величину  $k$ , яка називається **поправкою за кривизну Землі**.

Величина  $k$  залежить від відстані  $s$  і може бути визначена слідуючим чином:

з прямокутного трикутника  $OAB'$  (рис. 2.2) видно, що

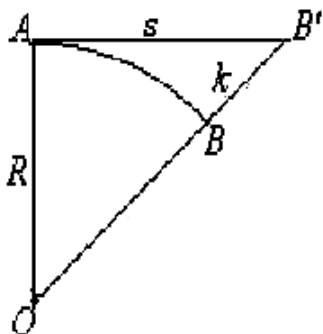


Рис. 2.2 - Поправка за кривизну Землі.

$$R^2 + s^2 = (R + k)^2, \quad (2.2)$$

звідки

$$s^2 = k(2R + k) \quad \text{і} \quad k = s^2 / (2R + k) \quad (2.3)$$

Але оскільки величина  $k$  мала в порівнянні з  $R$ , то нею в правій частині останньої формули можна знехтувати. Тоді

$$k = s^2 / 2R. \quad (2.4)$$

Прийнявши  $R=6370$  км і виражаючи всі величини в метрах, для різних значень  $S$  одержимо наступні значення  $k$  (табл. 2.2):

Таблиця 2.2 - Поправки за кривизну Землі

| $S, \text{ м}$ | $k, \text{ м}$ |
|----------------|----------------|
| 100            | 00008          |
| 500            | 0.020          |
| 1000           | 0.078          |
| 5 000          | 2.0            |
| 10 000         | 7.8            |

## 2.2 Поняття про план, профіль і карту

**Планом** називається зменшене подібне зображення на площині горизонтального прокладення ділянки земної поверхні.

Природно, що план не можна скласти на дуже велику територію, оскільки кривизна Землі спричинить велику різницю між горизонтальним прокладенням ліній місцевості і їх проекціями на поверхню еліпсоїда.

**Картою** називається зменшене закономірно спотворене зображення земної поверхні або значної її частини, побудоване з урахуванням кривизни Землі.

**Особливістю карти**, з геометричної точки зору, є те, що вона менш за все є спотвореним зображенням земної поверхні.

Це пояснюється тим, що сферичну поверхню Землі неможливо зобразити на папері без спотворень, так само, як не можна поверхню опуклого не еластичного предмету розвернути на площину без розривів.

Тому при побудові карт користуються різними **картографічними проекціями**, в яких по певному математичному закону спочатку будується географічна сітка паралелей і меридіанів, а потім на неї наносяться деталі місцевості.

Існує велика кількість проекцій, і кожній з них властиві спотворення або форм і об'єктів, що зображаються, або співвідношення їх площ, або і того і іншого. Чим більша територія, що зображається на карті, тим з великими спотвореннями виходять на карті об'єкти.

До геодезичних матеріалів відноситься також і **профіль місцевості**, що є зменшеним зображенням вертикального розрізу земної поверхні по заданому напрямку.

Лінія, що відображає на кресленні рівневу поверхню, на профілі проводиться у вигляді прямої.

Для посилення зображення рельєфу на профілі, більшій його наочності, вертикальні відрізки (відмітки, перевищення) зображають більше, ніж горизонтальні. Розріз місцевості є звичайно кривою лінією, а профіль будують у вигляді ламаної лінії, поворотні точки якої є характерними точками місцевості, відмітки яких визначені.

Положення точок земної поверхні на карті і плані визначається як географічними, так і прямокутними координатами.

## 2.3 Масштаби

**Масштабом** називається ступінь зменшення зображень контурів і ліній при перенесенні їх з місцевості на план або карту.

Звичайно числа, що показують, в скільки разів зменшені лінії місцевості, є круглими (**500, 1000, 25000** і т. д.) і є знаменники чисельних масштабів, які виражаються аліквотними дробами (**1: 500, 1: 1000, 1: 25000** і т. д.).

**Чим менший знаменник чисельного масштабу, тим крупнішим вва-**

жається масштаб.

### Масштаби топографічних карт

| Чисельний масштаб | Назва карти          | 1 см на карті відповідає на місцевості відстані | 1 см <sup>2</sup> на карті відповідає на місцевості площі |
|-------------------|----------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| 1: 5000           | П'ятитисячна         | 50 м                                            | 0,25 га                                                   |
| 1: 10000          | Десятитисячна        | 100 м                                           | 1 га                                                      |
| 1: 25000          | Двадцятип'ятитисячна | 250 м                                           | 6,25 га                                                   |
| 1: 50000          | П'ятдесятитисячна    | 500 м                                           | 25 га                                                     |
| 1: 100000         | Стотисячна           | 1 км                                            | 1 км <sup>2</sup>                                         |
| 1: 200000         | Двохсоттисячна       | 2 км                                            | 4 км <sup>2</sup>                                         |
| 1: 500000         | П'ятсоттисячна       | 5 км                                            | 25 км <sup>2</sup>                                        |
| 1: 1000000        | Мільйонна            | 10 км                                           | 100 км <sup>2</sup>                                       |

Всі плани складаються в крупних масштабах, карти - у великих, середніх і дрібних. Знаючи чисельний масштаб, можна без особливих зусиль лінії місцевості переводити в лінії на плані і карті і навпаки.

Щоб не проводити подібних обчислень, користуються **лінійним** масштабом.

Для побудови лінійного масштабу вибирають основу масштабу, яка відповідає круглому числу метрів на місцевості. Приймавши за основу масштабу відрізок в 1см (іноді 2 см), відкладають на прямій його кілька разів і підписують. Ліву частину поділяють на п'ять або десять частин (рис. 2.3).

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.

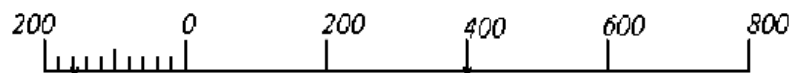


Рис. 2.3 - Лінійний масштаб.

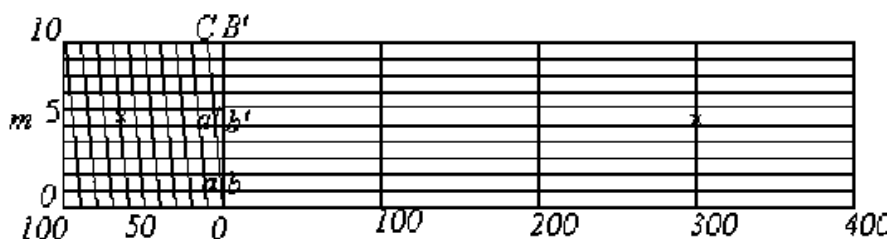


Рис. 2.4 - Поперечний масштаб.

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 **AB** (рис. 2.4) і відкладають його кілька разів на горизонтальній прямій. З точок, що поділяють рівні відрізки, опускають перпендикуляри до цієї прямої.

Ліву основу поділяють 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, паралельних **BC**, як показано на рис. 2.4, званих **трансверсальми**.

Відрізок **a b** називається найменшою поділкою поперечного масштабу. Величина його залежить від довжини основи **AB** 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.

Поперечний масштаб з основою 2 см, на яких підписані цифри означають десяті і соті долі основи, називається **нормальним поперечним масштабом**.

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 (виступи, вигини і ін.), 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 і т.д. 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 зображається зеленим кружком діаметром 1.2- 1.4 мм.

## 2.4 Поняття про картографічні проекції

Зображаючи земну поверхню на карті, спочатку переходять від фізичної її форми до математичної, яку представляють у вигляді поверхні еліпсоїда або кулі, а потім вже математичну поверхню зображають на площині.

Оскільки опуклу поверхню неможливо показати на площині без спотво-

рень і розривів, то при зображенні земної поверхні на площині приймають умови, що дозволяють враховувати ці спотворення. Такі умовні зображення на площині земної поверхні називають **картографічними проекціями**.

Картографічні проекції будуються за математичним законом, що визначає їх вигляд. Побудову деяких проекцій можна представити геометрично.

Допустимо, що з будь-якої точки земної осі всі точки земної поверхні проектується прямими променями на площину, перпендикулярну земній осі (рис. 2.5). Така проекція називається **полярною**.

У ній меридіани зображені пучком прямих, а паралелі - концентричними колами.

Якщо земну поверхню спроектувати на бічну поверхню циліндра, а потім розвернути останню на площину, то одержимо пряму **циліндричну проекцію** (рис.2.6).

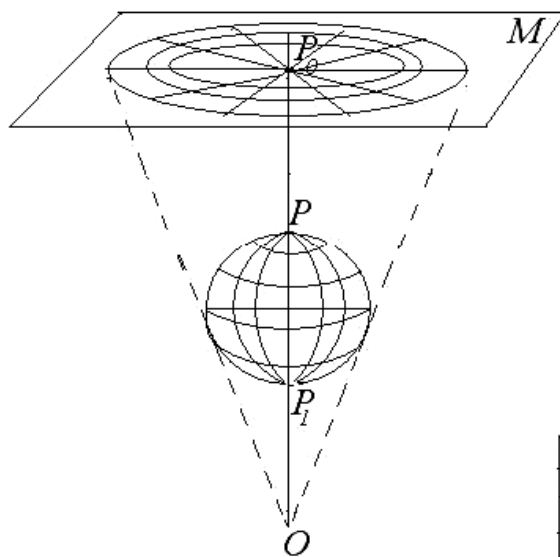


Рис. 2.5 - Полярна система  
ординат.

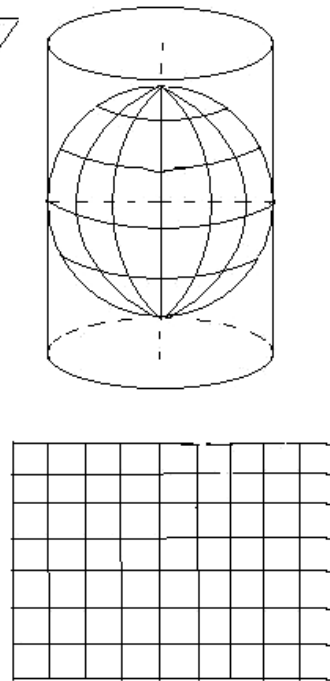


Рис. 2.6 - Циліндрична система  
координат.

Проекцію часто визначають не за способом її геометричної побудови, а за виглядом зображених на ній паралелей і меридіанів, тобто по вигляду картографічної сітки.

Наприклад, кінчна проекція це картографічна проекція, в якій паралелі - дуги концентричних кіл, а меридіани - прямі, що сходяться в центрі цих кіл.

### 2.4.1. Конформна проекція Гаусса

Для зображення території нашої країни на топографічних картах прийнята конформна (рівнокутна) **проекція Гаусса**, яка представляє поперечну циліндричну проекцію.

Вся земна поверхня при зображенні її в проекції Гаусса поділяється меридіанами на **шестиградусні** або **триградусні зони**.

Кожна зона проектується на поверхню свого циліндра, дотичного до кулі по середньому (осьовому) меридіану.

Поділ земної поверхні на зони при зображенні її на площині в проекції Гауса викликано тим, що по мірі віддалення від осьового меридіана спотворення зростають.

Вибір в  $6^\circ$  або  $3^\circ$  залежить від масштабу карти, що складається: при складанні карти в масштабі 1: 10 000 і дрібніше беруться зони  $6^\circ$ , а при складанні карт масштабу 1: 5 000 і більше беруться зони  $3^\circ$ .

Шестиградусні зони по своєму розташуванню співпадають з колонами карти масштабу 1: 1 000 000 і нумеруються арабськими цифрами, починаючи від лондонської гілки Гринвіцького меридіана, із заходу на схід. Оскільки західна межа першої зони співпадає з Гринвіцьким меридіаном, то довготи осьових меридіанів зон будуть  $3^\circ$ ,  $9^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $21^\circ$  ... Довготу осьового меридіана можна визначити за формулою

$$\lambda = 6N - 3^\circ, \text{ де } N - \text{номер зони} \quad (2.5)$$

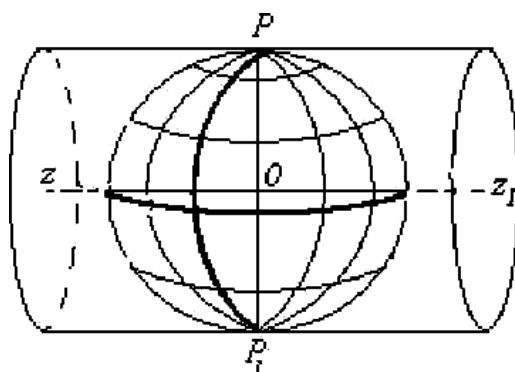


Рис. 2.7 - Картографічна проекція Гаусса

Положення точок в проекції Гаусса можна визначити за географічними координатами, але для вирішення геодезичних завдань це незручно. На площині набагато простіше вирішувати завдання за прямокутними координатами.

Для цього в кожній зоні систему координат беруть зі своїм початком і своїм орієнтуванням: за вісь абсцис  $X$  приймають зображення осьового меридіана, а за вісь  $Y$  - зображення екватора.

Відстань  $X$  і  $Y$  на площині в проекції Гаусса від будь-якої точки зони до

осі координат *називають координатами Гаусса* (рис. 2.8).

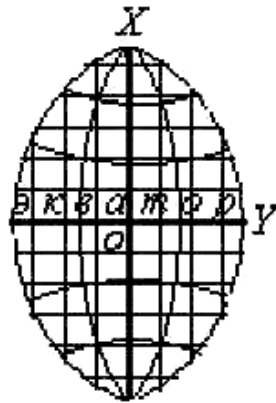


Рис. 2.8 - Координати Гауса

Щоб всі значення ординат були додатними, до них додають 500 км. Для визначення зони, в якій знаходиться точка, до перетвореної ординати цієї точки приписується номер відповідної зони.

**У проекції Гаусса не спотворюються тільки кути.** Решта елементів фігур місцевості (довжина ліній, площа) в цій проекції отримує спотворення. Про величину спотворення довжин ліній судять по величині масштабу зображень.

**Масштабом зображення будь-якої проекції** називається відношення довжини відрізка в проекції до довжини відповідного відрізка на еліпсоїді (або кулі).

Масштаб зображення в межах однієї і тієї ж зони різний і залежить від віддаленості відрізка від осьового меридіана.

У проекції Гаусса, внаслідок її конформності, нескінченно малі фігури подібні відповідним фігурам місцевості. Тому відношення довжин нескінченно малих відрізків в проекції, що виходять з однієї і тієї ж точки по всіх напрямках, до довжин відповідних відрізків на земній поверхні будуть однаковими, тобто масштаб зображення в проекції Гаусса в нескінченно малій окrajні будь-якої точки однаковий по всіх напрямках.

На території СНД найбільш відносно спотворення ліній в шестиградусній зоні досягало величини 1: 1 200, що практично не має значення при зйомках в дрібних масштабах і помітно при зйомках в крупних масштабах (1:5000 і більше).

З цієї причини при великомасштабних зйомках застосовують трьохградусні зони, спотворення в яких на краю зони значно менше, ніж в шестиградусних зонах. Трьохградусні зони розташовуються так, щоб осьовий меридіан однієї із зон співпадав з Гринвіцьким меридіаном. З цього виходить, що довготи осьових меридіанів зон, розташованих на схід від Гринвіча, будуть 3°, 6°, 9° ...

## 2.5 Номенклатура карт

Як вже наголошувалося вище, кривизна Землі в межах невеликих територій не має практичного впливу на точність зображення, нанесеного на карту. Це дозволяє створювати топографічні карти у вигляді окремих невеликих листів, кожний з яких порівняно вільний від спотворень. Рамки цих листів і їх розміри встановлюються на основі правил, що дають змогу точно визначити положення і місце для кожного з них.

П'ятий міжнародний географічний конгрес в 1891 р. ухвалив рішення про складання і видання карти світу масштабом 1:1 000 000.

Пізніше було встановлено, що кожен лист такої карти повинен охоплювати територію в  $4^\circ$  по широті і  $6^\circ$  по довготі. При цьому поверхня Землі була умовно поділена на **ряди уздовж паралелей**, віддалених одна від одної на  $4^\circ$ , і **колони уздовж меридіанів**, віддалених один від одного на  $6^\circ$ .

Ряди позначаються порядковими буквами латинського алфавіту, починаючи з букви А від екватора до обох полюсів; колони нумеруються арабськими порядковими цифрами, починаючи від меридіана  $180^\circ$  (рис. 2.9).

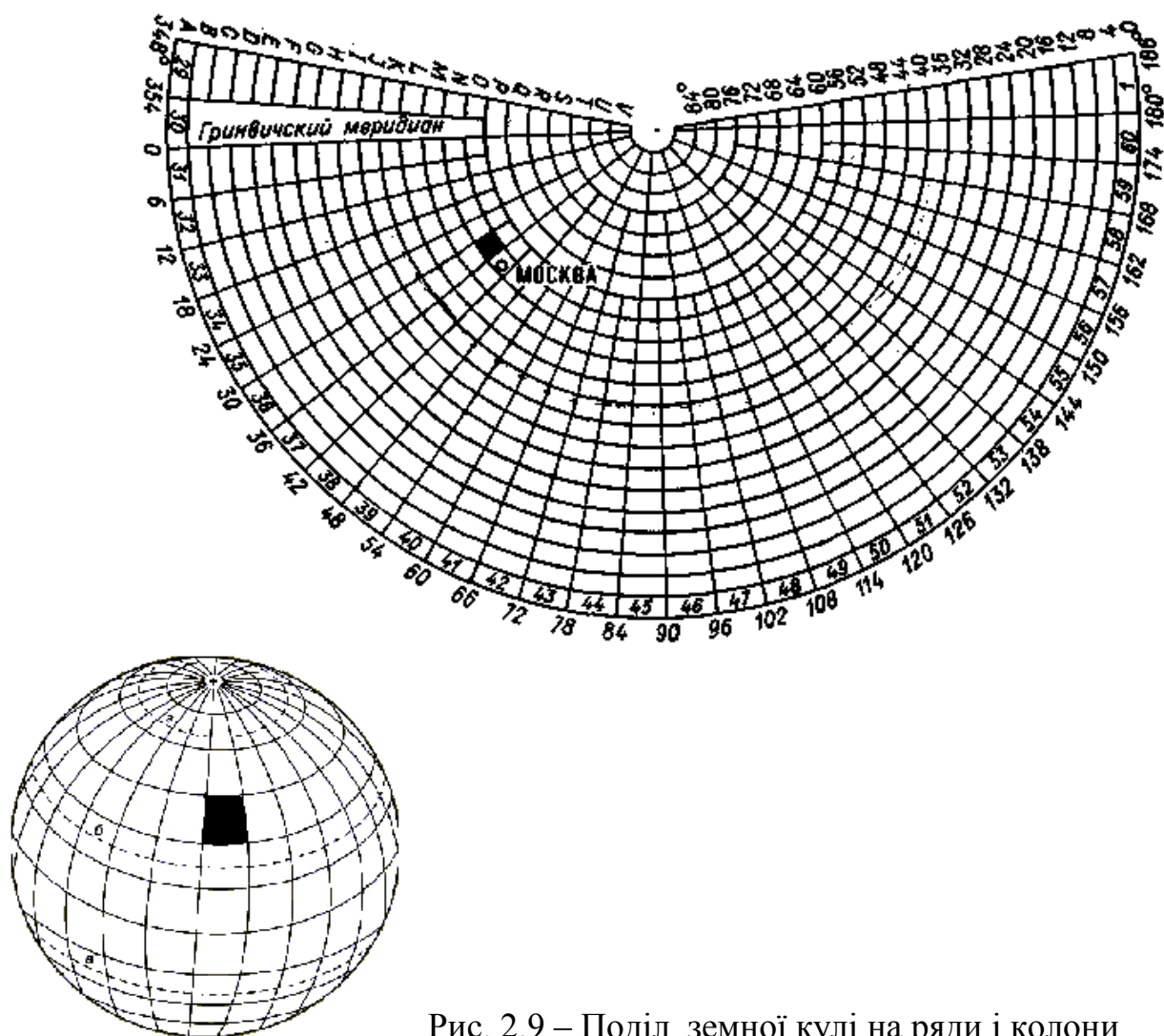


Рис. 2.9 – Поділ земної кулі на ряди і колони

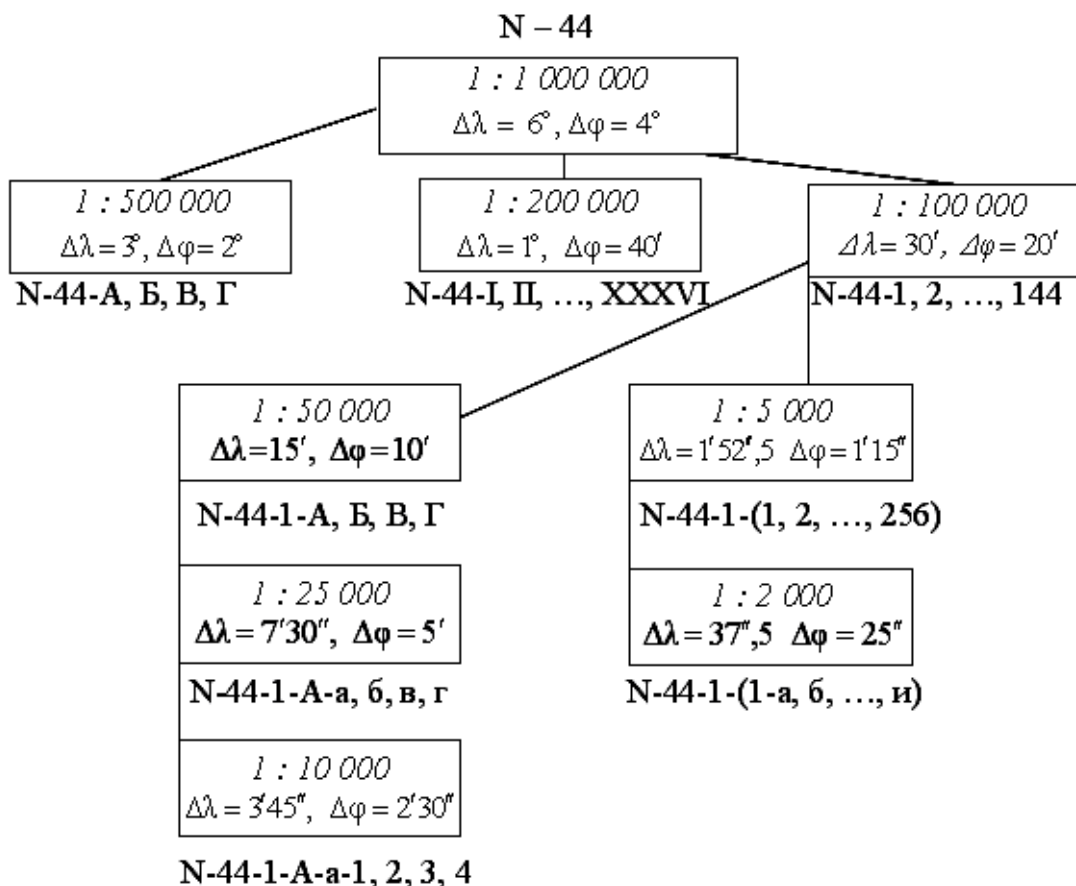


Рис. 2.10 - Номенклатура топографічних карт

Номенклатура (позначення листа) карти масштабу **1: 1 000 000** складається з букви і цифри, які записуються через тире: наприклад, **М-37**. Оскільки карта масштабу 1: 1 000 000 почала створюватися як міжнародна, то і розграфка одержала назву **міжнародної розграфки**.

Починаючи від поясу **Р**, тобто від широти **60°**, листи створюються здвоєними по довготі, а з поясу **Т**, тобто з широти **76°** - зчетвереними.

У нашій країні видаються карти масштабів 1: 1 000 000, 1: 500 000, 1: 300 000, 1: 200 000, 1: 100 000, 1: 50 000, 1: 25 000, 1: 10 000 і крупніших масштабів.

Для встановлення номенклатури листа масштабу 1: 500 000, що охоплює територію в **2°** по широті і **3°** по довготі, тобто, четверту частину листа карти масштабу 1: 1 000 000, цей останній поділений на **4** частини, кожна з яких позначається прописними буквами російського алфавіту (рис. 2.9).

Номенклатура листа карти масштабу 1: 500 000 складається з номенклатури листа карти масштабу 1: 1 000 000 і його порядкового позначення.

Для розграфки листа масштабу 1: 300 000 лист карти масштабу 1: 1 000 000 ділиться на **9** частин, оскільки кожен лист карти масштабу 1: 300 000 охоплює територію в **1°20'** по широті і **2°** по довготі.

Кожний з листів карти масштабу 1: 300 000 усередині листа 1: 1 000 000 позначається порядковим номером римськими цифрами.

Номенклатура листа карти масштабу 1: 300 000 також складається з номенклатури листа масштабу 1: 1 000000 і його порядкового номера, але, на відміну від всіх інших карт, тут порядковий номер ставиться не після, а перед номенклатурою листа масштабу 1: 1 000000.

Наприклад, номенклатура карти масштабу **1: 300 000** буде **III-N-37**.

Листи карти масштабу 1: 200 000 охоплюють територію в **4°** по широті і **1°** по довготі кожен, і займає 1: 36 частину листа карти масштабу 1: 1 000000. Лист карти масштабу 1: 200 000 усередині листа карти масштабу 1: 1 000000 так само, як і листи карти масштабу 1: 300 000, нумеруються римськими порядковими цифрами, але при встановленні номенклатури його порядковий номер ставиться після номенклатури листа масштабу 1: 1 000000.

Номенклатура листа масштабу **1: 200 000** буде **N-37-XX**.

Кожен лист карти масштабу 1: 100 000 охоплює територію в **20'** по широті і **30'** по довготі і складає 1: 144 частину листа масштабу 1: 1 000000. Свою номенклатуру він, подібно до інших, одержує з номенклатури листа карти масштабу 1: 1 000000 і свого порядкового номера усередині цього листа, позначеного арабськими цифрами.

Номенклатура листа масштабу **1: 100 000** буде **N-37-104**.

Номенклатури листів крупніших масштабів в своїй основі мають номенклатуру листа карти масштабу 1: 100 000.

Чотири листи карти масштабу **1: 50 000** позначаються усередині листа карти масштабу 1: 100 000 подібно до того, як усередині листа карти масштабу 1: 1 000000 позначаються листи карти масштабу 1: 500 000. При цьому порядковий номер (буква) листа карти масштабу 1: 50 000 додається до номенклатури листа карти масштабу 1: 100 000, наприклад **N-37-104-E**.

Подальша розграфка полягає в поділі листа на чотири частини, щоб одержати розграфку для масштабу наступної градації.

Так, лист карти масштабу 1: 25 000 складає 1:4 частину листа карти масштабу 1: 50 000, а лист карти масштабу 1: 10 000 складає 1:4 частину листа карти масштабу 1: 25 000.

Листи карти масштабу **1: 25 000** позначаються усередині листа карти масштабу 1: 50 000 порядковими малими буквами українського алфавіту, наприклад **N-37-104-Б-в**, а листи карти масштабу **1: 10 000** усередині листа карти масштабу 1: 25 000 - арабськими порядковими цифрами, наприклад **N-37-104-E-B-4**.

Основою для номенклатури листів карт масштабів 1: 5 000 і 1: 2 000 служать листи карти масштабу 1: 100000.

У одному листі масштабу 1: 100000 міститься 256 листів карти масштабу 1: 5 000, які позначаються арабськими цифрами 1, 2, 3..., 256, що поміщені в дужки.

Розміри кожного листа в градусній мірі:  $\Delta\phi = 1'15''$ ,  $\Delta\lambda = 1'52.5''$ . Наприклад, номенклатура карти масштабу 1: 5 000 буде **N-44-144-(256)**.

У одному листі карти масштабу 1: 5 000 міститься дев'ять листів карти масштабу 1: 2 000, які позначаються малими буквами українського алфавіту **а**,

*б, в, ..., і*, розміщеними в дужках.

Номенклатура листа карти масштабу 1: 2 000 буде **N-44-144-(256-і)**. Розміри листів карти масштабу 1: 2 000  $\Delta\varphi = 25''$ ,  $\Delta\lambda = 37.5''$ .

На ділянках зйомки менше 20км допускається прямокутна розграфка планів масштабів 1: 5 000, 1: 2 000 : 1 000 і 1: 500 з особливою нумерацією листів.

## 2.6 Зображення рельєфу на планах і картах

Земна поверхня не є площиною: навіть рівнинні місця на невеликих ділянках не плоскі в математичному понятті. Сукупність різноманітних нерівностей земної поверхні **називають рельєфом**.

Для зображення рельєфу на планах і картах застосовують умовні позначення, які дали б уявлення про форму земної поверхні, крутизну схилів, відмітки точок та їх перевищення.

Існує декілька способів зображення і позначення рельєфу, з яких одні способи задовольняють всім вказаним умовам, інші - не задовольняють їм повністю.

Найбільш поширеним і задовольняючим всім перерахованим вимогам є спосіб зображення рельєфу на планах і картах за допомогою горизонталей (ізогіпсів).

**Горизонталлю** називається слід, що виходить від перетину земної поверхні рівневою поверхнею, отже, горизонталь це лінія на земній поверхні, всі точки якої мають однакові відмітки висоти.

При зображенні рельєфу місцевості горизонталями є обов'язковою умова, *щоб рівневі поверхні, що розсікають земну поверхню, знаходилися одна від одної на одній і тій же відстані  $h$ , що називається висотою перетину рельєфу*.

Горизонталі проектується на горизонтальну площину  **$M$**  (або на поверхню еліпсоїда) для зображення їх на плані (або карті) (рис. 2.11).

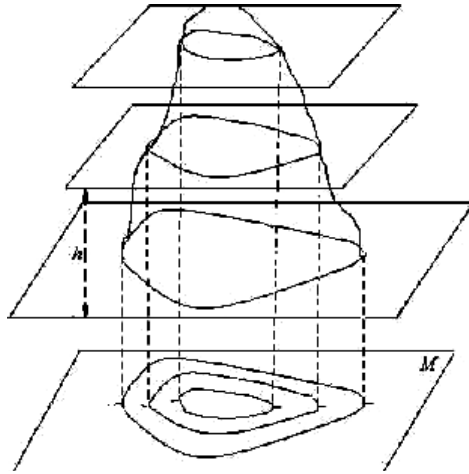


Рис. 2.11 - Проекція горизонталей на горизонтальну площину

Для того, щоб відрізнити зображення позитивних (гори) і негативних (улоговини) форм рельєфу, від однієї або декількох горизонталей проводяться скат штрихи (бергштрихи) у сторону пониження схилу.

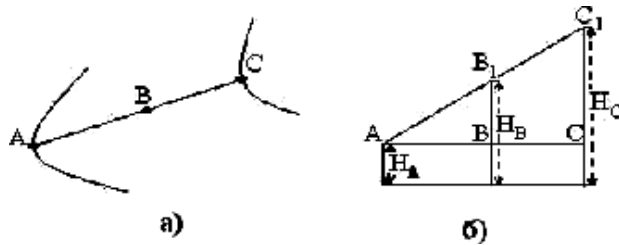


Рис. 2.12 - Проекція горизонталей на горизонтальну площину

При зображенні хребтів і лощин найбільший вигин горизонталей буде у вододілу і водотоку. Відмітки горизонталей, кратні висоті перетину, підписуються або в розриві горизонталей, або у їх кінців так, щоб нижня частина цифр розміщася нижче по схилу, вказуючи на пониження рельєфу.

Висота перетину  $h$  вибирається залежно від:

- масштабу карти (плану): чим більший масштаб, тим менше висота перетину;
- характеру місцевості: для гірської місцевості висота перетину більша, ніж для рівнинної;
- необхідної точності і детальності, виходячи з господарсько-технічних міркувань: чим точніше і детальніше потрібно зобразити рельєф, тим менше повинна бути висота рельєфу.

Якщо окремі деталі рельєфу, знаходячись між горизонталями, не відображаються при вибраній висоті перетину рельєфу, то в цих місцях переривистими лініями проводяться напівгоризонталі, а іноді і четверть-горизонталі - лінії, що проходять через точки з однаковими відмітками.

Кожна п'ята основна горизонталь при  $h = 1, 2, 5, 10$  м і кожна четверта

при  $h = 0.5$  і  $2.5$  м показується жирнішою лінією. Відмітки деяких горизонталей на карті підписують, орієнтуючи основу цифр вниз по схилу.

**Крутизна і напрям схилів.** На рис. 2.11 видно, що відстань  $a$  між горизонталями на горизонтальній проекції ділянки залежить від крутизни схилу.

При однаковій висоті перетину рельєфу відстань між горизонталями тим менше, чим крутіше схил. Крутизна схилу характеризується кутом нахилу  $v$ :

$$\operatorname{tg}(v) = h/a. \quad (2.6)$$

Тангенс кута нахилу називається **уклоном** і позначається буквою  $i$ ;

Уклон звичайно виражають у відсотках або проміле (проміле - це тисячна частина цілого).

Розітнемо схил гори горизонтальними площинами при висоті перетину  $h$  (рис.2.13); на ділянці  $BC$  схил має кут нахилу  $v_1$ , на ділянці  $CD$  - кут нахилу  $v_2$ . Відстань  $a_1$  - це горизонтальне прокладення лінії схилу  $BC$ ; вона називається закладанням.

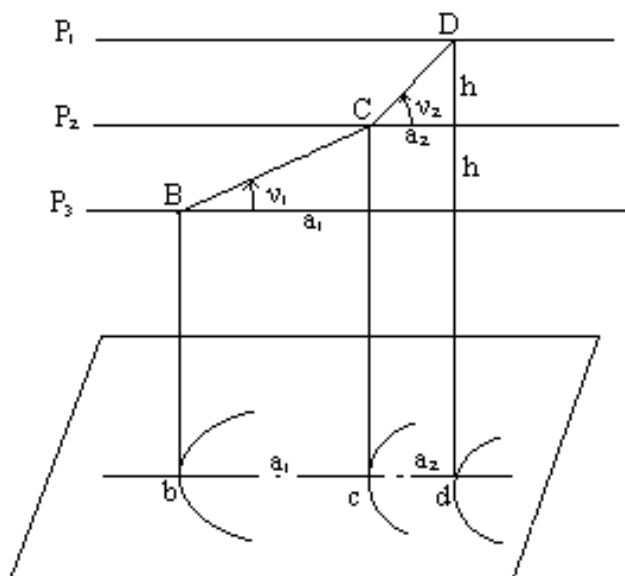


Рис. 2.13 - Проекція схилу на горизонтальну площину

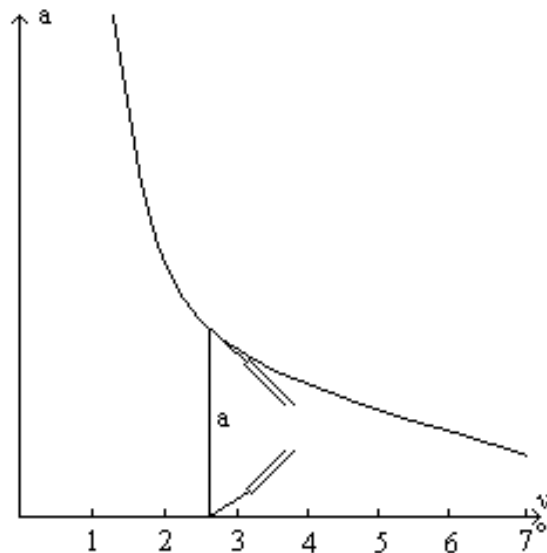


Рис. 2.14 - Графік закладання на топографічній карті.

**Закладання схилу** - це горизонтальна проекція лінії найбільшої крутизни схилу в даній точці, воно береться за напрям схилу. Вимірявши на карті відрізок  $a$  і, знаючи висоту перерізу рельєфу  $h$ , по формулі (2.6) можна обчислити тангенс кута нахилу, а потім і сам кут нахилу  $v$ .

**Графік закладання.** Для швидкого визначення кута нахилу по карті користуються спеціальним графіком, який називається графіком закладання. Він будується таким чином (рис. 2.14):

- обчислюють закладання схилу за заданою висотою перерізу рельєфу для різних кутів нахилу  $0.5^\circ$ ,  $1^\circ$ ,  $2^\circ$  і так далі;
- проводять пряму лінію і відкладають на ній рівні відрізки довжини, які підписують в градусах кута схилу;
- перпендикулярно цій лінії відкладають в масштабі карти закладання схилу, обчислені для кожного значення кута нахилу
- сполучають отримані точки плавної кривої.

Якщо потрібно визначити кут нахилу для конкретного закладання схилу  $v$ , розхилом циркуля-вимірника, рівним  $a$ , знаходять відповідне місце на графіку і визначають кут нахилу (на рис. 2.14  $v = 2^\circ 45'$ ).

Аналогічно можна побудувати графік закладання для схилів  $i$ .

Графік закладання розміщений внизу листа карти справа.

**Розрахунок висоти перерізу рельєфу.** При проектуванні робіт для створення карти або плану висоту перерізу рельєфу  $h$  вибирають залежно від масштабу карти, характеру рельєфу і призначення карти або плану.

При цьому умовилися зображати горизонталями скати до  $45^\circ$ ; схили більшої крутизни зображають спеціальним умовним знаком обриву.

З іншого боку, відстань між горизонталями на карті не можна зменшувати до нескінченності, інакше вони зіллються.

Вважається, що найменша відстань між горизонталями може бути 0.2 мм.

При  $a_{min} = 0.2$  мм і  $v_{max} = 45^0$  висоту перерізу рельєфу для конкретного масштабу можна підрахувати за формулою:

$$h = a_{min} * M * tg(v_{max}). \quad (2.7)$$

Наприклад, для масштабу 1:m = 1:5 000 отримаємо  $h = 1$  м.

За формулою (2.7) знаходять так звану розрахункову висоту перерізу рельєфу.

Залежно від характеру рельєфу для планів масштабу 1:5000 рекомендовано декілька значень висоти перерізу рельєфу:

- для плоскорівнинної місцевості  $h = 0.5$  м або  $h = 1$  м
- для рівнинної місцевості  $h$ , що покрита горбами = 1 м або  $h = 2$  м
- для гірської місцевості  $h = 5$  м.

Правильний вибір висоти перерізу рельєфу дуже важливий з економічної точки зору, оскільки при зменшенні висоти перерізу зростає об'єм робіт і витрати на виробництво зйомки.

**Проведення горизонталей по відмітках точок.** Щоб провести на карті (або плані) горизонталі, необхідно мати точки з відомими відмітками, які назовемо пікетами.

Нехай дано пікети 1, 2, 3, 4 (рис. 2.15), і передбачається, що уздовж ліній 1-2, 1-3, 1-4, 2-3 і 3-4 місцевість має рівномірний схил.

Потрібно провести горизонталі усередині ділянки, обмеженої лініями 1-2, 2-3, 3-4, 4-5; висота перерізу рельєфу  $h = 1$  м.

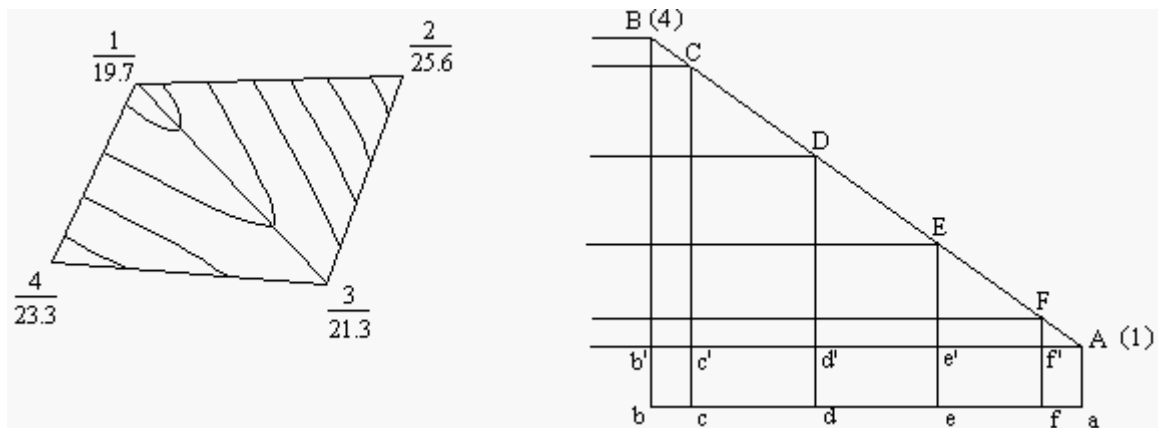


Рис. 2.15 - Проведення горизонталей по відмітках точок способом інтерполяції

Процес знаходження на лінії, що сполучає два пікети, точок, через які пройдуть горизонталі, називається **інтерполяцією горизонталей**.

Відомо три способи інтерполяції: аналітичний, графічний і на око.

Аналітичний спосіб застосовують досить рідко зважаючи на його велику трудомісткість. Набагато частіше застосовують графічний спосіб, при якому

використовується палетка (лист прозорого паперу або пластика), на якому проведені паралельні лінії або такі, що розходяться.

## 2.7 Орієнтування ліній на місцевості

При проектувальних і знімальних роботах потрібно знати розташування об'єктів по відношенню до сторін горизонту. Карти і плани складаються так, щоб верхні їх краї були північними. Для цього при вимірюваннях на місцевості лінії орієнтують по географічному меридіану.

**Географічним (істинним) меридіаном** називають лінію, отриману в перетині площини, що проходить через земну вісь, з поверхнею еліпсоїда (кулі). Напрямок географічного меридіана на місцевості визначається з астрономічних спостережень.

При складанні планів на невелику ділянку за відсутності опорної мережі і чітких орієнтирів (наприклад, при виконанні геологічних досліджень в лісі, тайзі) орієнтувати лінії можна по магнітному меридіану.

**Магнітним меридіаном** називають лінію, що виходить при перетині прямовисної площини, що проходить через полюси магнітної стрілки (компаса, бусолі), з горизонтальною площиною.

**Географічний і магнітний меридіани, як правило, не співпадають.**

Між ними утворюється кут  $\delta$ , званий схиленням магнітної стрілки (рис. 2.16).

**Схилення** може бути східним, коли північний напрям магнітного меридіана відхиляється від географічного меридіана на схід, і західним - у разі відхилення північного напрямку магнітного меридіана до заходу. Східне схилення має знак „плюс”, західне – „мінус”.

Схилення змінюється при зміні місця і часу.

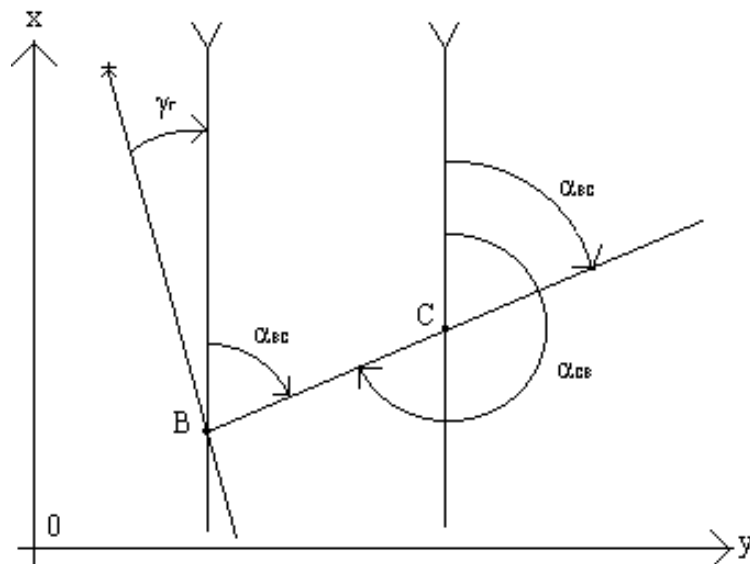


Рис. 2.16 - Географічний і магнітний меридіани

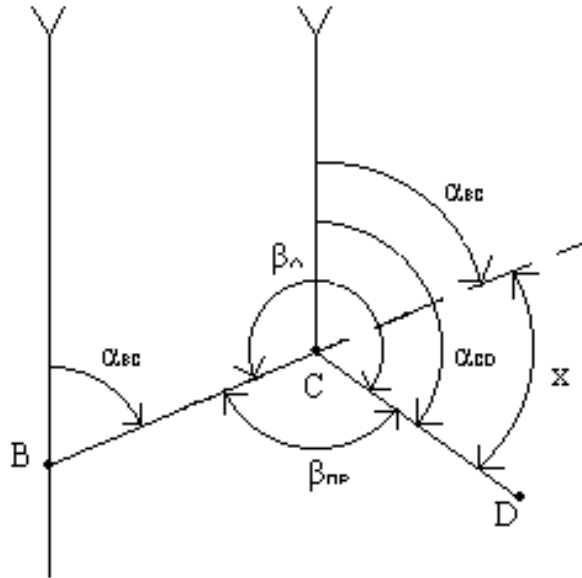


Рис. 2.17 - Прямі і зворотні азимути.

Положення магнітних полюсів на Землі протягом століть змінюється. На одному і тому ж місці земної поверхні відбувається зміна схилення магнітної стрілки в межах десятків градусів, при цьому повний період коливання схилення здійснюється протягом 4-х століть. Таку зміну називають **віковою**.

Річна зміна схилення в Європі в середньому близько до 6'. В даний час західне схилення зменшується, а східне – збільшується.

Спостерігається також добова зміна схилення, при якій амплітуда його коливання протягом доби в середніх широтах до 15'. Влітку вона більша, ніж взимку; у північних широтах вона більша, ніж в південних.

Схилення також змінюється під впливом магнітних збурень і магнітних бурь, пов'язаних з полярним саявом, сонячними плямами та інш..

Свідчення магнітної стрілки сильно змінюються із зміною місця спостереження в районах залягання магнітних руд. Такі відступи від середнього значення схилення магнітної стрілки називають **магнітними аномаліями**.

Для орієнтування ліній місцевості щодо меридіана служать **азимути і румби**.

**Азимутом** називають кут, що відлічується від північного напрямку меридіана за годинниковою стрілкою до напрямку даної лінії.

Якщо лінію орієнтують відносно географічного меридіана, то азимут називають **географічним або істинним**, а якщо відносно магнітного меридіана – то **магнітним**.

Різниця між географічним і магнітним азимутами рівна схиленню магнітної стрілки, тобто

$$A_z - A_m = S. \quad (2.8)$$

Азимут може мати значення від  $0^\circ$  до  $360^\circ$ .

**Румбом** називається кут не більше  $90^\circ$ , відлічуваний від найближчого напрямку меридіана до напрямку даної лінії.

Величина румба підписується буквами назви сторін горизонту: **ПнС, ПдС, ПдЗ, ПнЗ**.

Лінія має два напрямки - прямий і зворотний, тому розрізняють **прямі і зворотні азимуту і румби** (рис. 2.17).

Приладом для визначення магнітних азимутів і румбів служить **бусоль** - це кругла коробка, в центрі якої на шпилі насаджена магнітна стрілка.

Відлік азимутів і румбів проводиться проти кінців магнітної стрілки по колу бусолі, на якому нанесені градусні і напівградусні поділки. Поділки на азимутному колі підписані від  $0^\circ$  до  $360^\circ$  проти годинникової стрілки.

Із-за непаралельності меридіанів прямий і зворотний азимуту однієї і тієї ж лінії відрізняються між собою не рівно на  $180^\circ$ .

Це викликає незручності при обчислювальній обробці результатів вимірювань. Тому для спрощення обчислень напряму ліній користуються **дирекційними кутами**, які відрізняються від азимутів тим, що відлічуються не від меридіана, а від північного напрямку лінії, паралельної осьовому меридіану, за годинниковою стрілкою до напрямку даної лінії.

Дирекційні кути, як і азимуту, можуть бути в межах від  $0^\circ$  до  $360^\circ$  і, на відміну від азимутів, не змінюються для прямої лінії на всіх її точках. Різниця між азимутом **A** і дирекційними кутом  **$\alpha$**  називається **Гауссовим зближенням меридіанів**:

$$\gamma_I = A - \alpha. \quad (2.9)$$

Гауссове зближення меридіанів в даній точці можна визначити як кут між напрямом меридіана в даній точці і лінії, паралельній осьовому меридіану.

Воно буде додатним для точок місцевості, що знаходяться на схід від осьового меридіана, і від'ємним для точок, що знаходяться на захід від осьового меридіана.

## 2.8 Зближення меридіанів. Перехід від азимута до дирекційного кута

При обробці геодезичних вимірювань, коли є азимуту, отримані з астрономічних спостережень, доводиться переходити від азимутів до дирекційних кутів, для чого необхідно знати зближення меридіанів.

Уявимо, що Земля має форму кулі. Проведемо через дану точку **A** меридіан, дугу малого кола, паралельного осьовому меридіану і дугу паралелі **AC** (рис. 2.18). Через точку **C** проведемо дотичну **CT** до осьового меридіана, а через точку **A** - дотичну **AT** до меридіана і дотичну **AD** до малого кола.

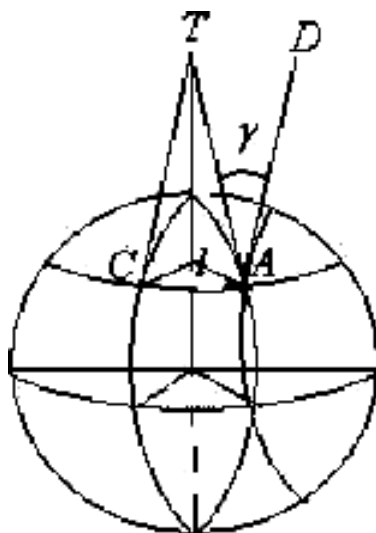


Рис. 2.18 - Прямі і зворотні азимути.

Кут **DAT** одержимо на площині в проекції Гаусса без спотворень і його зображення на площині є зближенням меридіанів.

Залежність між азимутом та дирекційним кутом виражається формулою

$$a = A - \gamma. \quad (2.14)$$

## 2.9 Визначення площ

Існують три способи визначення площ на топографічних планах і картах: геометричний, аналітичний і механічний.

### 2.9.1 Механічний спосіб

Механічний спосіб визначення площі - це вимірювання на плані або карті площі ділянки з довільними межами за допомогою спеціального приладу - **планіметра**.

**а) Будова полярного планіметра.** Полярний компенсаційний планіметр складається з двох важелів - полюсного **Ri** і обвідного **R** (рис. 2.19), сполучених шарніром в точці **b**.

Під час обводу кінець полюсного важеля **O**, званий *полюсом*, нерухомий і навколо нього обертається планіметр.

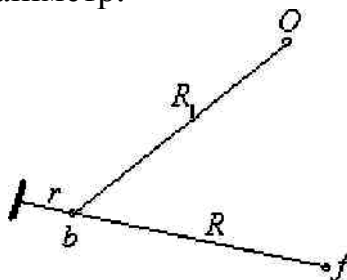


Рис. 2.19 - Схема будови планіметра

Поліус  $O$  кріпиться до паперу за допомогою голки і тягара. Поверхня рахункового ролика, що обертається під час обводу, поділена на 100 частин. Десяті долі кожної частини, звані поділками планіметра, відлічуються по верньєру.

Таким чином, поділка рівна 1:1 000 довжини кола рахункового ролика. Якщо рахунковий ролик зробить 10 обертів (обернеться на 10 000 ділень), то циферблат зробить один оборот.

Відлік складається з чотирьох цифр. Першу цифру - тисячі ділень - відлічують на циферблаті, другу і третю цифри - сотні і десятки ділень - відлічують на штрихах рахункового ролика, четверту - одиниці ділень - відраховують по верньєру.

**Верньєр** - одне з простих відлікових пристосувань.

Позначимо через  $\lambda$  ціну поділки основної шкали і через  $\mu$  ціну поділки - верньєра.

Точністю верньєра називають величину рівну

$$\begin{aligned} \lambda\eta &= \mu(\eta + 1), \\ \mu &= \lambda\eta/(\eta + 1). \end{aligned}$$

тому

Підставивши цей вираз у формулу, отримаємо

$$t = \lambda/(\eta + 1), \quad (2.15)$$

тобто точність верньєра рівна ціні поділки основної шкали, поділеної на число поділок верньєра.

Роль відлікового індексу у верньєрі виконує його нульовий штрих. Якщо він співпадає з будь-яким штрихом основної шкали, то відлік за основною шкалою рівний значенню цього штриха.

Решта всіх штрихів верньєра не співпадає з штрихами основної шкали: перший - на величину  $\lambda - \mu = t$ , другий штрих верньєра на віддаленні від найближчого штриха основної шкали на  $2t$  і так далі.

Якщо змістити верньєр на величину  $kt$ , то з штрихом основної шкали співпаде  $k$ -й штрих верньєра, тому формула відліку по верньєру має вигляд

$$N = N_M + kt, \quad (2.16)$$

де  $N_M$  - відлік по найменшому штриху основної шкали;  $k$  - номер штриха верньєра, що співпав з штрихом основної шкали;  $t$  - точність верньєра.

Вимірювання площі зводиться до обводу по контуру ділянки на карті обвідною точкою; при цьому внаслідок тертя об папір рахункове колесо обертається. До обводу контуру і після обводу беруться відліки.

Площа ділянки обчислюється за формулою

$$P = c(n_2 - n_1), \quad (2.17)$$

де  $c$  - ціна поділки планіметра.

Для зчеплення рахункового ролика з папером на його обідку паралельно осі ролика нанесені дрібні рубчики - рифельні штрихи. Для правильної роботи планіметра потрібне виконання основної геометричної умови - напрям рифельних штрихів на обідку рахункового ролика повинен бути паралельним осі обвідного важеля. Якщо рифельні штрихи нанесені перпендикулярно площині рахункового ролика, то площина рахункового ролика повинна бути перпендикулярною осі обвідного важеля.

Ціну поділки планіметра визначають за формулою

$$c = P/(n_2 - n_1), \quad (2.18)$$

де  $n_2$  і  $n_1$  - початковий і кінцевий відліки при обводі контуру з відомою площею, розташовуючи полюс поза контуром.

*Точність вимірювання площі планіметром залежить від масштабу плану або карти, конфігурації, розмірів ділянки і від положення важелів в процесі обводу (кут між важелями).*

Кращі результати отримують по картах (планам) крупних масштабів. Не слід допускати вимірювання планіметром площ вузьких і витягнутих ділянок, розміри яких на карті менше 15 см . Площі дрібних і протяжних ділянок доцільніше вимірювати палетками.

Дослідження показали, що відносна середня квадратична помилка вимірювання площі за допомогою планіметра складає 1:400. Якщо отримані значень площі в поділках планіметра розходяться між собою на величину, більшу 1:200 від середнього арифметичного з них, то вимірювання площ слід проводити при двох обводах і брати середнє значення.

В даний час з'явилися електронні (цифрові) планіметри. Фірма "Торсоп" пропонує декілька моделей цифрових планіметрів, що дозволяють проводити вимірювання площ по картах з точністю  $\pm 0.2\%$ . За допомогою ЕОМ вимірювання площ може бути повністю автоматизоване.

При визначенні площ за планом графічним або механічним способом (за допомогою палеток або планіметра) необхідно враховувати деформацію паперу (плану).

### **Контрольні запитання**

1. Які координати називаються геодезичними, астрономічними, географічними?
2. Що таке висота точки? Дати поняття системи висот. Що таке перевищення?
3. Що таке осьовий меридіан?
4. Як відлічуються координати в зональній плоскій прямокутній системі координат?
5. Що таке місцева система координат?
6. Що таке топографічний план і топографічна карта? У чому їх схожість і в чому відмінність?

7. Що називається масштабом і як він виражається? Що називають граничною точністю масштабу? Вкажіть граничну точність масштабів 1:10 000, 1:1 000.

8. Побудуйте графік поперечного масштабу і відкладіть на ньому відстань 28.54 м в масштабах 1:2000 і 1:500, заздалегідь округліть цю відстань відповідно до точності вказаних масштабів.

9. Що таке номенклатура карт і планів? Яким листам плану або карти і яких масштабів відповідають номенклатури М-36-144-а-б; 17-А-16?

10. Що називають висотою перетину рельєфу і закладанням? Як визначити відмітку точки, що знаходиться між горизонталями?

11. Що таке схил і за якою формулою його можна визначити? У яких одиницях вимірювання можна виразити схил? Як побудувати графік закладання для схилів і як провести на плані або карті лінію заданого схилу?

12. Як визначити географічні і прямокутні координати точки на топографічній карті?

13. Дати визначення кутів орієнтування. Якими способами можуть бути визначені кути орієнтування на місцевості?

14. Як виміряти на карті дирекційний кут і перейти від нього до магнітного азимута?

### 3 ОСНОВИ ТЕОРІЇ ПОМИЛОК ВИМІРІВ

Основними завданнями теорії помилок є:

- вивчення видів і властивостей помилок вимірів;
- встановлення критеріїв для оцінки точності результатів вимірів;
- з ряду вимірів однієї і тієї ж величини отримати найбільш надійне значення і оцінити його;
- оцінка точності функції виміряних величин.

#### 3.1 Виміри величин

**Виміряти величину** - означає знайти відношення цієї величини до іншої однорідної їй величині, прийнятої за одиницю виміру. В результаті виміру отриманому числу дається назва, відповідна назві одиниці виміру.

Результати вимірів називають також вимірними величинами або коротко просто вимірами.

Значення величини можна отримати безпосередньо шляхом накладення одиниці вимірів на вимірювану величину (або навпаки). Такі виміри називають **прямими**, або безпосередніми. Приклади таких вимірів - вимір на плані ліній циркулем, кутів транспортиром.

В деяких випадках значення величини можна отримати іншим способом. Наприклад, якщо виміряти два кути трикутника і отримати їх значення -  $\alpha$  і  $\beta$ , то третій кут  $\gamma$  можна обчислити за відомою формулою

$$\gamma = 180 - \alpha - \beta. \quad (3.1)$$

В даному прикладі значення величини отримане не прямо, а побічно, за допомогою обчислення на підставі математичної залежності між визначуваною величиною і безпосередньо виміряними величинами. Такі (обчислені) значення називають **непрямими**, або посередніми вимірами.

Для контролю і підвищення точності остаточного результату в геодезичній практиці одну і ту ж величину вимірюють не менше двох разів.

Оскільки для визначення значення величини достатньо одного виміру, то при  $n$  вимірах однієї і тієї ж величини всі її виміри, окрім одного (тобто  $n-1$  вимірів), називають **надлишковими**, або **додатковими**.

Окрім значення величини, отриманого з вимірів, важливо знати точність цих вимірів.

**Точність вимірів** залежить від точності приладів, якими виконуються виміри, і визначається умовами, в яких вони виконуються.

Виміри, отримані в однакових умовах, мають однакову точність. Умови вважаються однаковими, якщо виміри проведені одним і тим же приладом (або приладами однієї точності), однією і тією ж особою або особами з однаковим досвідом, одними і тими ж методами і за однакових зовнішніх умов.

Виміри, отримані з рівною точністю, називаються **рівноточними**, в іншому разі вони називаються **нерівноточними**.

### 3.2 Помилки вимірів і їх види

Виміряти величину абсолютно точно неможливо: як би ретельно не проводилися виміри, результати їх майже завжди відрізняються від точного (або істинного) значення величини. Тільки випадково може показатися, що виміряне значення в точності збігається з істинним значенням величини.

Відхилення результату виміру величини від її точного значення називається істинною помилкою виміру і виражається формулою

$$\Delta = l - X, \quad (3.2)$$

де  $\Delta$  – істинна помилка виміру,  $l$  - результат виміру  
 $X$  - *точне* (істинне) значення величини.

Про наявність помилок вимірів можна судити хоч би з того факту, що повторні виміри однієї і тієї ж величини дають, як правило, різні значення. Причини помилок вимірів - недосконалість органів чуття людини, неточність вимірювальних інструментів, вплив зовнішніх умов і ін.

**Помилка вимірів** є результатом спільної дії декількох різних причин, тому її можна розглядати як алгебраїчну суму, в якій кожен доданок є наслідком впливу будь - якого одного фактора.

$$\Delta = \Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3 + \dots + \Delta_n \quad (3.3)$$

До помилок вимірів відносяться і грубі помилки, тобто промахи і прора-

хунки, причина виникнення яких - неухажність виконавця. Грубі помилки можуть бути виявлені контрольними вимірами. Результати вимірів, що містять грубі помилки, замінюються новими.

По відмінності у властивостях помилки ділять на **систематичні і випадкові**.

**Систематичні** помилки це в основному такі помилки, які при повторних вимірах однієї і тієї ж величини або при вимірі однорідних величин з'являються з одним і тим же знаком. Наприклад, якщо при вимірі кутів великого числа трикутників вся нев'язність виявилася від'ємною, то можна бути упевненим, що виміряні кути містять одну і ту ж систематичну помилку або декілька таких помилок.

Систематичні помилки бувають **постійні і змінні**.

Прикладом постійної помилки може служити помилка в результатах виміру довжини лінії із-за неточного визначення довжини мірної стрічки.

До змінних систематичних помилок в результатах виміру однієї і тієї ж лінії мірною стрічкою відносяться такі помилки: через прогин стрічки внаслідок нерівностей ґрунту, через провисання стрічки, через відхилення стрічки від створу вимірюваної лінії.

Перелічені систематичні помилки виникають з різних причин. Одні з них залежать від недосконалості або неточного юстирування мірного інструменту (інструментальні помилки), інші - від стану зовнішнього середовища (помилки середовища або зовнішні помилки), від спостерігача (особисті помилки).

**Випадковими** називають помилки, не пов'язані функціональною залежністю з якими-небудь чинниками і математичні сподівання яких дорівнюють нулю.

Математичним сподіванням помилки називається сума добутків можливих значень помилок на відповідні ймовірності, тобто

$$M(\Delta) = \Delta_1 P_1 + \Delta_2 P_2 + \dots + \Delta_n P_n \quad (3.4)$$

де  $\Delta_1, \Delta_2, \dots, \Delta_n$  - різні значення помилки, що виникає за даних умов вимірів,

а  $P_1, P_2, \dots, P_n$  - відповідна їм ймовірність.

**Ймовірністю** називається величина, постійна для конкретних умов вимірів, до яких прагне частота появи помилок.

**Під частотою появи помилки** розуміється відношення числа помилок однакового розміру до всіх помилок в даному ряду і визначається за формулою

$$q = k/n, \quad (3.5)$$

де  $k$  - число помилок однакового розміру,  $n$  - спільне число помилок у ряді вимірів.

Якщо ймовірності невідомі, то, замінюючи їх у формулі (3.4) відповідними їм частотами, отримаємо наближену рівність

$$M(\Delta) \approx \Delta_1 q_1 + \Delta_2 q_2 + \dots + \Delta_n q_n \quad (3.6)$$

Відсутність функціональної залежності помилки від будь-якого чинника виражається в тому, що поява помилки в ряду в тій послідовності, яка має місце у кожному конкретному випадку, не підлягає ніякій видимій закономірності; іншими словами, знак і розмір помилки в ряду не залежить від знаку і розміру решти помилок отриманого ряду вимірів.

Рівність нулю математичного сподівання помилки виміру якої-небудь величини практично виявляється в тому, що при необмеженому збільшенні числа вимірів цієї величини середнє арифметичне з отриманих значень помилки має тенденцію прямувати до нуля.

Випадкові помилки вимірів мають наступні властивості:

- додатні помилки зустрічаються приблизно так само часто, як і рівні їм по абсолютній величині від'ємні помилки;
- чим більше помилка по абсолютній величині, тим рідше вона зустрічається;
- абсолютна величина помилки не перевершує певної межі;
- середнє арифметичне з помилок при нескінченному збільшенні кількості вимірів в ряду має тенденцію наближатися до нуля.

### 3.3 Оцінка точності нерівноточних вимірів

Виміри бувають **рівноточні і нерівно точні**.

Наприклад, один і той же кут можна виміряти точним або технічним теодолітом, і результати таких вимірів будуть нерівноточними. Або один і той же кут можна виміряти різною кількістю прийомів; результати теж будуть нерівноточними.

Зрозуміло, що середні квадратичні помилки нерівноточних вимірів будуть неоднакові. З досвіду відомо, що вимір, виконаний з більшою точністю (з меншою помилкою), заслуговує на більшу довіру.

**Вага виміру** - це умовне число, що характеризує надійність виміру, ступінь його довіри; вага позначається буквою **p**. Значення ваги виміру обчислюють за формулою:

$$p = k/m^2 \quad (3.7)$$

де **k** - це довільне додатне число, яке має бути одним і тим же при визначенні ваги всіх вимірів, що беруть участь в розв'язанні задачі.

Таким чином, вага виміру є величина, обернено пропорційна квадрату середній квадратичній помилці цього виміру.

### 3.4 Приклади практичного додатка теорії помилок

#### 3.4.1 Точність положення контурних точок на планах (картах)

Використання різних приладів і технологічних процесів, вживаних при зйомках, приводить до нерівноточності планів різних видів зйомки. Проте при правильному проведенні зйомок ряд елементів, складових технологічного процесу того або іншого виду зйомки, має помилки графічної точності, наприклад, помилки нанесення точок і ліній на план, побудови кутів на плані і ін.

Середню квадратичну помилку визначення контуру на плані (карті)  $m_t$  можна отримати за відомою формулою

$$m_t = \sqrt{m_1^2 + m_2^2 \dots + m_n^2} \quad (3.8)$$

де  $m_1 = m_2 = \dots = m_n = 0.1 \text{ мм}$  (графічна точність визначення положення точки на плані); при  $n = 16$   $m = 0.4 \text{ мм}$ , що складає похибку 4 м при зйомках масштабу 1:10 000.

#### 3.4.2 Точність зображення ліній на плані

Для отримання залежності помилки відстані між точками від помилки їх положення, уявимо, що кожна з кінцевих точок визначається координатами  $X_1$  і  $Y_1$ ;  $X_2$  і  $Y_2$  з середніми квадратичними помилками  $m_{x1}$  і  $m_{y1}$ ,  $m_{x2}$  і  $m_{y2}$ .

Тоді відстань між точками визначається за формулою

$$s^2 = (X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2. \quad (3.9)$$

Після диференціювання функції (3.9) шляхом нескладних математичних перетворень і переходу до середньої квадратичної помилки, при

$$m_{x1} = m_{y1} = m_t \quad \text{отримуємо} \quad m_s = m_t, \quad (3.10)$$

тобто середня квадратична помилка відстані між точками на плані дорівнює середній квадратичній помилці положення точки.

Середня квадратична помилка визначення відстані між точками на плані (карті) за допомогою циркуля-вимірника і масштабної лінійки з урахуванням точності плану  $m_t$  визначається за формулою

$$m_{so} = \sqrt{m_t^2 + m_{\text{вим}}^2} \quad (3.11)$$

При  $m_t = 0.4 \text{ мм}$  і  $m_{\text{вим}} = 0.08 \text{ мм}$   $m_{so} = 0.41 \text{ мм}$ , тобто точність виміру відстаней між точками за планом визначається, головним чином, точністю плану.

### 3.4.3 Точність напрямів і кутів, зображених на плані (карті)

Точність напрямку характеризується дирекційним кутом (азимутом) лінії на плані і залежить від помилок положення кінцевих точок цієї лінії.

Дирекційний кут лінії між точками 1 і 2 визначається за формулою

$$\operatorname{tg} \alpha = (y_2 - y_1)/(x_2 - x_1). \quad (3.12)$$

Після диференціювання виразу (3.12) і заміни диференціалів середніми квадратичними помилками маємо

$$\text{при } m_{x1}=m_{x2}=m_x \quad \text{буде} \quad m_\alpha = m_x/S \quad (3.13)$$

А це означає, що середня квадратична помилка дирекційного кута збільшується із зменшенням відстані між точками.

### 3.4.4 Оцінка точності кутових вимірів

На точність вимірів кутів (і горизонтальних, і вертикальних) мають вплив як зовнішні умови, так і помилки власно вимірів. Помилки, зумовлені впливом зовнішньої середовища, як відомо, можна звести до мінімуму. Тоді точність вимірів кута визначатиметься тільки помилками власно вимірювання.

У теодолітних ходах горизонтальний кут  $\beta$  вимірюється повним прийомом, що складається з двох напівприймів, - вимір при "круг ліворуч" і при "круг праворуч" і дорівнює середньому  $\beta_{\text{сеп}}$  з двох вимірів:

$$\begin{aligned} \beta_L &= L_2 - L_1, \quad \beta_R = R_2 - R_1; \\ \beta_{\text{сеп}} &= (\beta_L + \beta_R)/2 = 0.5(L_2 - L_1 + L_2 - R_1), \end{aligned} \quad (3.14)$$

де  $L_1, L_2, R_1, R_2$  - відліки по горизонтальному кругу при "круг ліворуч" ( $L$ ) і "круг праворуч" ( $R$ ) на 1 і 2 напрями теодолітного ходу.

При рівноточних вимірах  $m_{L1} = m_{L2} = m_{R1} = m_{R2} = m_n$ , де  $m_n$  - середня квадратична помилка напрямку.

Після диференціювання функції і переходу до середніх квадратичних помилок маємо

$$m_{\beta_{\text{сеп}}} = m_n.$$

**тобто середня квадратична помилка кута, вимірюного одним прийомом, дорівнює середній квадратичній помилці напрямку.**

Помилка напрямку складається із помилок візування і відліків:

$$\Delta = 2m_d = 2m_0 = 2m_0 \sqrt{2}$$

Отже, середня квадратична помилка виміряного кута шкаловим теодолітом дорівнює середній квадратичній помилці відліку за шкалою.

Тоді допустима розбіжність значень кутів в напівприйомах складе

$$\Delta_d = 2m_d = 2m_0 = 2m_0\sqrt{2}$$

Таким чином, для технічного теодоліта 2Т30  $\Delta_d = 1 - 1.5'$

### Контрольні запитання

1. Основні завдання теорії помилок.
2. Які виміри називають прямими, непрямыми?
3. Від чого залежить точність вимірів?
4. Які виміри називають рівноточними?
5. Що таке помилка виміру і від чого вона залежить?
6. Що таке випадкові і систематичні помилки?
7. Як оцінюється точність нерівноточних вимірів?
8. Властивості випадкових помилок.
9. Що таке вага виміру і чому вона дорівнює?
10. Наведіть приклади практичного застосування теорії помилок.

## 4. ТОПОГРАФІЧНІ ЗЙОМКИ

### 4.1 Загальні відомості про топографічні зйомки

Польова робота, яка проводиться з метою отримання карт, планів і профілів, називається **зйомкою**. Зняти деякі точки місцевості - це означає визначити їх положення на плані або карті.

Залежно від призначення зйомки об'єктами, що підлягають зйомці, можуть бути різні предмети антропогенного і природного характеру, як на земній поверхні, так і під нею.

Сукупність об'єктів, що знімаються, називають **ситуацією**.

Залежно від цілей, для яких проводяться зйомки, останні поділяться на види за назвами: топографічна сільськогосподарська, ґрунтова, міська, лісова, геологічна, геофізична і ін.

**Топографічна зйомка** - комплекс польових і камеральних робіт, що мають на меті зображення на папері умовними знаками в заданому масштабі місцевих предметів і рельєфу ділянки земної поверхні.

**Топографічні зйомки поділяються на види залежно від приладів, що використовуються.**

Для отримання планів невеликих ділянок місцевості і порівняно невисокої точності застосовують **екерні** і **бусольні** зйомки (екер і бусоль - прості геодезичні прилади), а для точніших планів ділянок, що займають площу в де-

кілька сотень і тисяч га, - **теодолітні і мензульні** зйомки (теодоліт і мензула - складніші прилади).

При необхідності зобразити на плані невеликі ділянки, рельєф місцевості застосовують **тахеометричну** зйомку („*тахео*” - швидко).

Основним видом зйомки для значних територій є **аерофототопографічна і космічна** зйомки.

Для гірської та покритої пагорбами місцевості, застосовують **фототеодолітну** зйомку, при якій місцевість фотографують фототеодолітами, після чого за допомогою спеціальних приладів по фотознімках складають план місцевості.

Інколи виникає необхідність провести зйомку місцевості швидко і приблизно. В цьому випадку застосовують **окомірну** зйомку.

Всі знімальні роботи є **польовими**; подальші геодезичні роботи - обчислювальні і графічні - виконуються в кабінетах і лабораторіях і називаються **камеральними**.

**Основні закони зйомок: безперервний контроль всіх дій і проведення робіт за принципом від загального до приватного.**

Спочатку визначають з великою точністю положення невеликого числа допоміжних - геодезичних точок, а потім вже знімають решту всіх точок, які мають бути нанесені на плані. Зйомці підлягають не всі деталі, а тільки ті, які необхідні для даної мети. Чим більше деталей треба відобразити на плані і чим точніше він має бути, тим більше масштаб слід взяти для нього .

Зйомка будь-якого угіддя або споруди починається зі зйомки його межі. Ця межа найчастіше буває кривою лінією. Кожну криву можна замінити деякою ламаною лінією, причому чим більше зламів, тим ближче вона буде до реальної кривої.

Кожен відрізок ламаної лінії визначається положенням двох його кінцевих точок.

Отже, **зйомка місцевості завжди зводиться до визначення положення деякого числа окремих точок кожного контуру.**

З'єднавши послідовно ці точки, ми тим самим накреслимо на плані відповідні контури в зменшеному і подібному вигляді.

Деякі предмети, розташовані на поверхні Землі, мають правильні контури, контури яких підпорядковані відомим геометричним умовам. Наприклад, горизонтальні прокладення будов - прямокутники, клумби і квітники - правильні багатокутники, сторони доріг - паралельні лінії, лінії телефонних і електропередач - прямі лінії і так далі.

Всі ці закономірності необхідно враховувати підчас зйомки. Для визначення положення будь-якого предмету правильної форми на горизонтальній площині щодо опорних геодезичних точок (пунктів) досить визначити положення тільки двох точок цього предмету. При цьому передбачається, що є всі дані, необхідні для побудови плану цього предмету і визначається лише місце на площині, де його необхідно розташувати.

Наприклад, при зйомці в саду клумби, що має форму правильного бага-

токутника, досить визначити положення лише двох його вершин відносно межі саду, останні - легко буде побудувати, знаючи довжину і число сторін багатокутника (контури клумби). Так само поступають і під час зйомки окремої будови: побудувавши два її кута, решту кутів можна нанести по відповідним вимірам.

Якщо межа, що знімається, має неправильну форму, то всі її характерні точки визначають незалежно один від одного (прив'язують до опорних точок).

Зйомку місцевості і складання плану частіше виконують неодноразово. Це дозволяє прискорити проведення польових робіт і створити кращі умови для виконання камеральних (обчислювальних, креслярських і тому подібне) робіт в приміщенні.

Для того, щоб зйомник не помилився в проведених ним промірах і щоб правильно зумів з'єднати на плані зняті точки, він веде схематичну зарисовку місцевості, вказуючи виміряні величини.

Такий зроблений від руки схематичний план місцевості, на якому показуються контури угідь, місцеві предмети, результати вимірів, приводяться назви і інші відомості, необхідні для складання точного плану, називається **абрисом**. Його складають на окремі ділянки місцевості або на всю територію відразу. На абрисі треба прагнути замалювати місцевість детально, всі числа підписуються так, щоб було зрозуміло, до яких величин вони відносяться. Абрис потрібно вести настільки виразно, щоб він був зрозумілий іншій особі, знайомій зі зйомками.

Система (сукупність) опорних точок, що забезпечують зйомку на деякій ділянці поверхні Землі, називають **знімальним обґрунтуванням**.

Проста сітка складається з однієї сторони, далі за ступенем складності слідує сітка з одного трикутника, потім - з одного багатокутника (полігону) і, нарешті, сітка, що складаються з декількох трикутників і багатокутників.

При зйомках місцевості використовуються різні **способи створення знімального обґрунтування**; найважливіші з них наступні:

- **тріангуляція** - система трикутників, в яких вимірюються кути і базисні сторони (решта сторін обчислюється);
- **трилатерація** - система трикутників, в яких вимірюються сторони;
- **супутникова тріангуляція** - просторова геодезична сітка, елементи якої отримані по вимірних синхронно з різних наземних станцій сферичних координат напрямів на ШСЗ;
- **полігонометрія** (обхід) і теодолітні ходи;
- **створні методи**;
- **спосіб прямокутних координат** (перпендикулярів);
- **спосіб полярних координат** (кругового візування);
- **засічки** кутові і лінійні.

Перші чотири способи зазвичай застосовуються для створення геодезичної мережі, останні - для розвитку знімальної сітки.

**Геодезичною мережею** називається сукупність зафіксованих на мі-

сцевості точок, для яких визначені планові координати прямокутні  $X$  і  $Y$ , географічні  $\varphi$  і  $\lambda$  у прийнятій двомірній системі координат і відмітки  $H$  в прийнятій системі висот.

**Знімальна сітка** - сукупність точок, що визначають додатково до пунктів геодезичної мережі, для безпосереднього забезпечення топографічних зйомок.

Визначення положення пунктів знімальних сіток виконують прокладенням теодолітних ходів або побудовою сітки мікротріангуляції, прямими, зворотними або комбінованими засічками або графічними методами при мензульній зйомці. Висоти цих пунктів визначають геометричним або тригонометричним нівелюванням.

## 4.2 Суть теодолітної зйомки

Теодолітна зйомка, як і інші зйомки, проводиться за основним правилом геодезії "від загального до конкретного", тобто спочатку створюється знімальна геодезична мережа, а потім проводиться зйомка подробиць (ситуації). Знімальною геодезичною мережею при теодолітній зйомці може бути мережа трикутників (тріангуляція) або мережа теодолітних полігонів, що складають групу суміжних багатокутників або теодолітних ходів.

**Теодолітним ходом** називається побудований на місцевості розімкнений або зімкнутий багатокутник, в якому вимірюються всі сторони і горизонтальні кути між ними.

Хід, прокладений всередині крупного полігону для згущення знімального обґрунтування і, опираючись на точки полігону, називається **діагональним**.

Хід може бути прокладений між двома жорсткими точками (координати таких точок відомі), жорсткими сторонами (координати початкової і кінцевої сторін відомі). Хід, що спирається на жорстку точку (або сторону) тільки одним кінцем, називається **висячим**.

Перед початком вимірів на місцевості всі вершини (поворотні точки) полігонів і ходів залежно від їх призначення і термінів робіт закріплюються кілками, стовпами і іншими знаками. Після закріплення точок вимірюють кути і довжини сторін (ліній) полігонів і ходів. Перед виміром ліній проводять підготовку, що полягає у вішенні їх, а також видаленні з вимірюваної лінії каменів, кущів, горбків і тому подібне

**Таким чином, процес теодолітної зйомки складається з:**

- позначення і закріплення точок на місцевості;
- підготовки ліній до виміру;
- вимірів ліній і кутів між ними;
- зйомки ситуації.

Для виміру сторін теодолітного ходу застосовуються сталеві стрічки, рулетки, різні далекоміри; кути вимірюються за допомогою технічних теодолітів.

#### 4.2.1 Позначення точок на місцевості

Залежно від умов місцевості, призначення зйомки, точності вимірів, вимог до збереження точок для їх позначення застосовуються різні знаки.

Для позначення точок знімального теодолітного ходу в сільській місцевості застосовують дерев'яні кілки завдовжки 20-30 см, які забиваються врівень із землею або їх верхні грані вставляють над поверхнею не більше 2 см.

Для швидкого розшуку знаку навколо кола викопується канава у вигляді трикутника, квадрата або кільця діаметром 0.5-1.0 м, шириною 0.1-0.2 м.

Кілок має зазвичай круглий або квадратний переріз. Центр у верхньому зрізі кола представляє вершину кута, над якою встановлюється кутомірний інструмент і яка служить початком лінії ходу.

Для позначення номера точки поряд з кілком інколи забивають другий кілок - сторожок, на верхній частині якого над землею 0.1 м підписують номер.

При необхідності зберегти позначення точки на триваліший термін замість кола в землю вкопують дерев'яний або бетонний стовп завдовжки 1.5 м на глибину 0.6-1.0 м, під який кладуть камінь або цеглину; навколо стовпа виривають канаву на багнет лопати, землю з канави насипають біля стовпа у вигляді кургану, що має форму усіченого конуса з діаметром нижньої основи до 2 м.

З метою запобігання витягування дерев'яного стовпа із землі в нижню його частину врізають щаблину. Для точнішого позначення точки у верхній зріз дерев'яного стовпчика забивають цвях, центр капелюшка якого і є вершиною вимірюваного кута, а на верхній грані бетонного стовпчика робиться насічка у вигляді хреста. У містах точки позначають металевими стержнями, що закладаються під асфальт тротуару і накриваються чавунною кришкою врівень з поверхнею асфальту.

#### 4.2.2 Вимір довжин сторін теодолітного ходу мірною стрічкою

**а) Вішення ліній.** Якщо лінії вимірюються шляхом укладання мірного приладу (стрічки, рулетки) по землі, то треба стежити за тим, щоб між точками вимірювалася найкоротша відстань по земній поверхні. Для цього мірний прилад не повинен відхилятися убік від напрямку лінії і укласти треба його в створі вимірюваної лінії, тобто у вертикальній площині, що проходить через її кінці.

Установка віх в створі лінії називається **вішенням**. Практика показує, що вішення необхідне тільки для ліній довше 200 м. Віхи при вішенні встановлюються приблизно через 100 - 200 м залежно від рельєфу місцевості. Віхи мають бути прямими, забарвленими в білий і чорний (або червоний) кольори впереміш через 2 дм.

Для вішення лінії на її кінцях встановлюються віхи. Вішення ведеться зазвичай "на себе". Для цього технік встає перед віхою **A** і дивиться на віху **B**,

а робітник по вказівці техніка ставить віху **1** так, щоб вона закривала собою віху **В**.

Після цього робітник прямує до точки **А** і ставить віху **2** так, щоб вона закривала віхи **1** і **В**. В такому ж порядку встановлюються решта всіх віх.

Вішення "на себе" точніше за вішення "від себе", оскільки ближня до точки **А** вішка закриває більший простір (створює ширшу зону невидимості) до точки **В**, чим з точок **1**, **2** і ін., що не дозволяє встановлювати наступні вішки в створ лінії;

#### ***б) Вимір ліній на місцевості мірною стрічкою***

Вимір ліній стрічкою полягає в послідовному укладанні вимірюваного приладу в створі вимірюваної лінії (**створом** називається лінія перетину земної поверхні вертикальною площиною, що проходить через закріплені вішками кінці лінії).

Вимір виконують двоє робітників. При першому укладанні стрічки передній робітник бере в ліву руку ручку стрічки і всі десять шпильок і по вказівці заднього робітника встає в створі лінії. Коли задній робітник поєднає нульовий штрих з початком лінії (центром кола, стовпа і ін.), передній робітник, натягнувши стрічку в створі лінії, виймає правою рукою з лівої руки шпильку і через гачок стрічки встромляє її вертикально в землю.

Після цього стрічку переміщують вперед по лінії, задній робітник заднім гачком чіпляє стрічку за першу шпильку і направляє переднього робітника по створу лінії. Передній робітник, уклавши стрічку в створі лінії, через передній гачок стрічки встромляє другу шпильку в землю, після чого задній робітник виймає першу шпильку і стрічку переміщують вперед.

Так після кожного укладання стрічки число шпильок у переднього робітника зменшується, у заднього - збільшується. Коли у переднього робітника не залишається жодної шпильки, то, уклавши стрічку в створі і натягнувши її, передній робітник встає ногами на стрічку, отримує від заднього робітника, що підійшов, всі десять шпильок, встромляє одну шпильку через гачок стрічки в землю, обережно переміщає стрічку вперед і виміри продовжують в попередньому порядку.

Дійшовши до кінця лінії, передній робітник протягує стрічку вперед за межі лінії, поки задній робітник не зачепить гачком стрічки за останню шпильку. Після цього підраховують кількість шпильок у заднього робітника, включаючи шпильку, що стоїть в землі, і для контролю підраховують кількість шпильок у переднього робітника. Біля кінця лінії по натягнутій стрічці з точністю до 0.01 м відлічують залишок - відстань від останньої шпильки заднього робітника до кінця лінії.

Довжина вимірюваної лінії визначається за формулою

$$D = nl_0 + r + n\Delta l, \quad (4.1)$$

де **n** - число шпильок у заднього робітника, **l<sub>0</sub>** - номінальна довжина стрічки, **Δl** - поправка за компарування стрічки, **nΔl** - поправка в довжину лінії

за компарування стрічки,  $r$  - залишок (компарування - точне визначення довжини стрічки за допомогою спеціального еталону, званому компаратором).

При підрахунку  $n$  необхідно врахувати кількість передач шпильок заднім робітникам передньому і, щоб уникнути грубих помилок, кожену передачу відзначати в журналі.

Для контролю лінії в теодолітних ходах вимірюють двічі в двох напрямках, і якщо між двома значеннями розбіжність допустима, то з двох набутих значень виводять середнє арифметичне, яке і береться за результат виміру.

Допустима розбіжність між двома вимірами однією і тією ж стрічкою визначається за формулою

$$f_D = 0.014\sqrt{D}, \quad (4.2)$$

де  $D$  - довжина лінії в метрах.

Точність виміру довжини лінії 20-метровою сталевною стрічкою характеризується середніми відносними помилками: за сприятливих умов 1 : 2000, при найсприятливіших - 1 : 3000 і при несприятливих - 1 : 1000.

Якщо величина поправки за компарування менше 0.002 м, то вона не враховується, оскільки її відносна величина буде 1:10 000.

Для визначення горизонтального прокладення  $d$  на місцевості вимірюють відстань  $D$  та кут його нахилу  $v$  до горизонту. Тоді

$$d = D \cos v \quad \text{або} \quad d = D - \Delta D, \quad (4.3)$$

де поправка за нахил до горизонту, рівна

$$\Delta D = D - d = D - D \cos v = D(1 - \cos) = 2D \sin^2(v/2). \quad (4.4)$$

Для обчислення поправок за нахил до горизонту можна користуватися таблицями поправок за нахил лінії, обчислених за формулою (4.4).

### *в) Вимір кута нахилу екліметром*

Кути нахилу можна виміряти екліметром, який є порожнистою трубою прямокутного перетину з двома діоптрами: наочним, що представляє горизонтальну нитку, і очним - горизонтальним прорізом на передній стінці трубки. З правого боку трубки закріплена кругла коробка, усередині якої при натисненні гальмуючої кнопки вільно обертається на осі диск з градусними поділками на ободі та з прикріпленням до нього в нижній частині вантажем, що знаходиться проти поділки 90°. Проріз і горизонтальна нитка паралельні осі круга.

У виправленому екліметрі нульовий діаметр незакріпленого диска (від якого в обидві сторони нанесені поділки до 90° або 60°) під дією вантажу завжди займає горизонтальне положення, незалежно від нахилу осей коробки з трубою. У круглій коробці біля очного діоптра знаходиться віконце, в якому через лупу видно ділення внутрішнього диска.

Вимір кута нахилу полягає в тому, що спостерігач, узявши в руку екліметр, натискує на кнопку, що закріплює круг, дивиться на мітку віхи, висота якої дорівнює висоті ока спостерігача над землею, через проріз і дочекавшись, коли круг заспокоїться, відлічується кут нахилу по кругу проти видимої нитки, одночасно дивлячись в лупу і проріз.

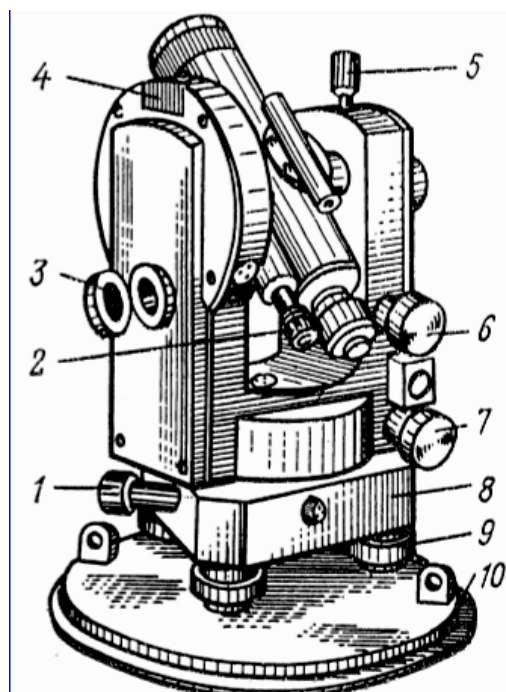
Перед роботою екліметром треба перевірити, чи виконана умова - при горизонтальному положенні лінії візування відлік по кругу має бути рівним нулю. Ця умова перевіряється виміром кута нахилу з обох кінців лінії.

Якщо умова виконана, то відліки по кругу, взяті на обох кінцях лінії, по абсолютній величині мають бути рівні куту нахилу і протилежні за знаком. Якщо лінія горизонту утворює з нульовим діаметром кут  $\delta$ , та умова не виконана, відліки  $a$  не дорівнюватимуть куту нахилу і можна написати рівняння

$$v = a_1 - \delta, \quad v = a_2 + \delta$$

Проте для зручності користування екліметром його слід виправити, якщо поправка більше  $0.25^\circ$ . Для цього треба відвернути гвинти кришки коробки, зняти її і, відкріпивши важок, перемістити його в потрібне положення та закріпити.

#### 4.2.3 Конструктивні елементи технічних теодолітів



- 1 – навідний (мікрометренний) гвинт горизонтального круга;
- 2 - окуляр мікроскопа;
- 3 - дзеркало підсвічування;
- 4 - посадочний паз для бусолі;
- 5 - закріпний гвинт зорової труби;
- 6 - навідний (мікрометренний) гвинт зорової труби;
- 7 - навідний (мікрометренний) гвинт алідади;
- 8 - трегер (підставка);
- 9 - підймальний гвинт;
- 10 - кришка

Рис. 4.1 - Теодоліт Т30

##### 4.2.3.1 Загальні відомості

**Теодоліт** - геодезичний прилад для виміру на місцевості горизонтальних і вертикальних кутів за допомогою оптичних систем, лімбів і відлікових пристроїв.

Основними елементами теодоліта є: лімб, алідада, зорова труба, рівні,

вертикальний круг, тригер, штатив.

**Лімб** - кутомірний круг з поділками від 0° до 360°.

**Ціна поділки лімба** - величина центрального кута, що має дугу, відповідну найменшій поділці лімба.

**Алідада** - рухлива частка теодоліта, що відповідає за систему відліку по лімбу.

**Зорова труба** - служить для візування на спостережувані предмети, кріпиться на підставках алідадної частини інструменту.

**Рівні** - служать для приведення осей інструменту в горизонтальне або вертикальне положення. Бувають циліндрові і круглі, складаються з ампули, оправы і регулювального пристосування.

**Нуль-пункт рівня** - точка в середині шкали ампули.

**Система осей теодоліта** - забезпечує обертання алідадної частки навколо вертикальної осі.

**Вертикальний круг** - служить для виміру вертикальних кутів.

**Трегер** - підставка з трьома підймальними гвинтами.

**Гвинти** - закріпні і мікрометренні(навідні). Служать для фіксації окремих частин теодоліта: труби, алідади, лімба.

**Сітка ниток** - взаємно перпендикулярні штрихи, нанесені на скляну пластинку.

**Бісектор** - дві вертикальні близько розташовані паралельні лінії сітки ниток.

**Штатив** - пристосування у вигляді триноги для кріплення теодоліта в процесі роботи. Укомплектований нитяним схилом і становим гвинтом.

**Дослідження теодоліта** - це комплекс дій з метою встановлення якості виготовлення і збірки як окремих частин, так і всього інструменту в цілому і правильності їх взаємодії.

**Перевірки теодоліта** - це комплекс дій з перевірки відповідних геометричних і оптико-механічних умов. Виконуються в певній послідовності.

**Юстирування теодоліта** - це виправлення інструменту за допомогою юстировочних (виправних) гвинтів.

**Площина колімації** - площина, що утворюється візирною віссю зорової труби при обертанні її навколо горизонтальної осі.

**Помилка колімації (с)** - кут між фактичним і теоретичним положенням візирної осі, яку обчислюють за формулою

$$c = \frac{KP - KL \pm 180}{2}, \quad (4.5)$$

де **KL**, **KP** - відліки по горизонтальному кругу на добре видиму, чітко обкреслену ціль при двох положеннях вертикального круга.

Основна умова вертикального круга теодоліта полягає в тому, щоб візирна вісь зорової труби була паралельна осі циліндрового рівня при алідаді вертикального круга, коли відлік на цьому крузі дорівнює нулю.

## Основні осі теодоліта

1. Візирна вісь (**VV'**) - уявна лінія, що сполучає перехрестя сітки ниток і оптичний центр об'єктиву.
2. Вісь циліндрового рівня при алідаді горизонтального круга (**UU'**) - це дотична до дуги подовжнього перетину внутрішньої поверхні ампули в нуль-пункті.
3. Вісь обертання алідади горизонтального круга (**ZZ'**) - основна вісь, біля якої здійснюється поворот приладу в горизонтальній площині.
4. Вісь обертання зорової труби теодоліта (**HH'**) - уявна лінія, навколо якої відбувається обертання зорової труби.

Розташування основних осей теодоліта приведені на рис. 4.2.

## Геометричні умови основних осей теодоліта

$$\begin{aligned} & (UU') \perp (ZZ') \\ & (VV') \perp (HH') \\ & (HH') \perp (ZZ') \end{aligned} \tag{4.5}$$

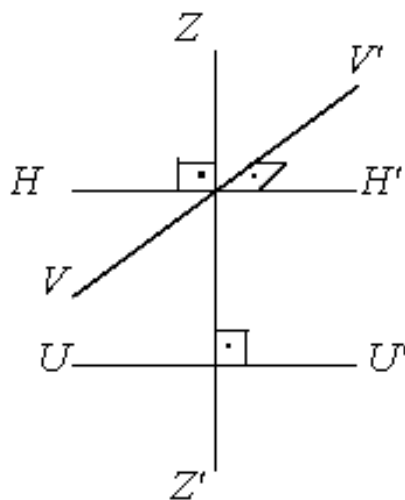


Рис. 4.2 - Схематичне розташування основних осей теодоліта

У теодоліта 2Т30 відліковий мікроскоп шкаловий. У верхній частині поля зору мікроскопа, позначеного буквою **В** (рис. 4.3), видно штрихи лімба вертикального круга і штрихи відлікової шкали, а в нижній частині поля зору, позначеною буквою **Г**, видно штрихи лімба горизонтального круга і штрихи відлікової шкали.

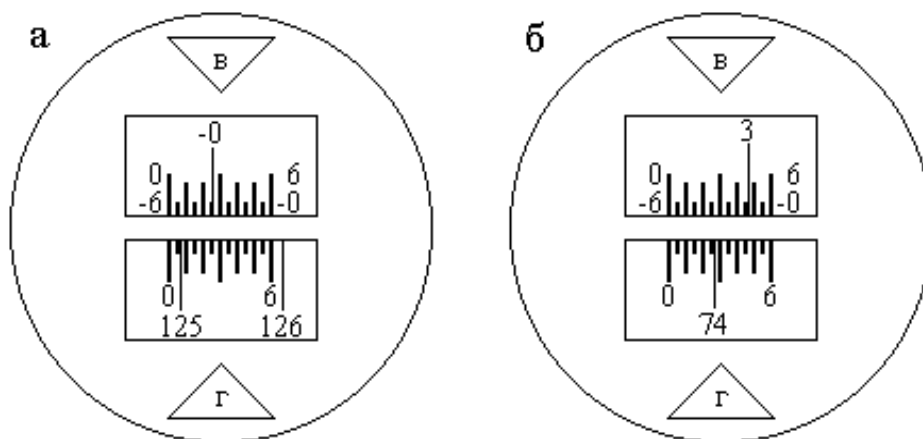


Рис. 4.3- Поле зору мікроскопа теодоліта 2 Т 30

а) Відлік по вертикальному колу –  $0^{\circ} 35,0'$ ;  
Відлік по горизонтальному колу  $125^{\circ} 06,0'$ .

б) Відлік по вертикальному колу  $+3^{\circ} 45,5'$ ;  
Відлік по горизонтальному колу  $74^{\circ} 27,5'$ .

На обох колах нанесені тільки градусні штрихи. Кожний градусний штрих підписаний. Це означає, що ціна поділки лімбів складає  $1^{\circ}$ .

На алідаді кругів нанесені відлікові шкали з ціною ділення  $5'$ . Ці шкали виведені у полі зору мікроскопа. Початкове ділення шкали горизонтального колу позначене цифрою **0**, а кінцеве - цифрою **6**, що означає  $60'$ . Шкала вертикального колу має два ряди цифр. У верхньому ряду початковий штрих, позначений цифрою **0**, розташований зліва, а кінцевий, позначений цифрою **6**, розташований справа. У нижньому ряду оцифрування виконане навпаки і цифри мають знак мінус.

Відлік по горизонтальному колу проводиться в наступному порядку. Спочатку зчитується з лімба число градусів (по штриху лімба, що потрапляє на звітну шкалу), потім за відліковою шкалою береться відлік з точністю **0.1** ділень, що відповідає  **$0.5'$** .

Індексом для відліку хвилин служить штрих градусного ділення лімба, що знаходиться на відліковій шкалі.

На рис. 4.3 відлік по горизонтальному колу рівний  **$125^{\circ}06,0'$** .

При відліку по вертикальному колу число градусів прочитується так само, як і по горизонтальному колу. При цьому градусні поділки вертикального колу мають знаки або плюс, або мінус.

Якщо в межах шкали знаходиться штрих лімба без знаку, то на шкалі відлік береться по верхньому ряду цифр (зліва направо), і повний відлік записується із знаком плюс. По нижньому ряду цифр шкали відлік береться у тому випадку, коли в межах шкали знаходиться штрих лімба із знаком “мінус”. Від-

лік записується із знаком мінус.

#### *4.2.4 Перевірки і юстирування теодоліта*

Для виміру горизонтальних кутів і кутів нахилу в теодоліті мають бути дотримані наступні геометричні умови:

- а) плоскість лімба горизонтального круга має бути горизонтальна;
- б) вертикальна вісь приладу має бути прямовисна;
- в) площина колімації має бути вертикальна.

Для контролю виконання цих умов проводяться **наступні перевірки і юстирування теодоліта.**

##### ***1. Вісь циліндрового рівня має бути перпендикулярна до вертикальної осі обертання приладу.***

Встановлюють рівень паралельно двом підймальним гвинтам. Одночасно обертаючи їх в різні боки, приводять бульбашку рівня на середину ампули. Потім повертають алідаду на  $180^\circ$ . Якщо бульбашка рівня відхилиться від середини більш, ніж на одну поділку, то виправними гвинтами рівня бульбашку переміщують до середини ампули на половину дуги відхилення; на другу половину бульбашку рівня переміщують за допомогою тих же підймальних гвинтів. Для контролю перевірку повторюють.

Перш ніж зробити інші перевірки, приводять площину лімба в горизонтальне положення. Для цього встановлюють рівень паралельно двом підймальним гвинтам та з їх допомогою приводять бульбашку рівня на середину. Повертають алідаду на  $90^\circ$  і третьому підйимальному гвинті приводять бульбашку рівня в нуль пункт.

Після приведення площини лімба в горизонтальне положення, при обертанні алідади навколо осі, бульбашка рівня не повинна відхилятися від середини більш ніж на одну поділку.

##### ***2. Одна з ниток сітки має бути горизонтальна, а інша - вертикальна.***

Вертикальну нитку сітки наводять на нитку схилу. Якщо вертикальна нитка збігатиметься з ниткою схилу, умова виконана. Інакше викруткою ослабляють 4 кріпильних гвинта окуляра, розташованих під ковпачком 3 (рис. 4.2), і повертають окулярну частку труби до поєднання вертикальної нитки сітки з ниткою схилу, після чого гвинти знов закріплюють.

##### ***3. Візирна вісь зорової труби має бути перпендикулярна до осі обертання труби.***

Кут  $C$  відхилення візирної осі від перпендикуляра до осі обертання труби (рис.4.4) **називається помилкою колімації.**

Для виявлення помилки колімації вибирають віддалену, добре видиму точку, розташовану так, щоб лінія візування була приблизно горизонтальна. Наводять перетин ниток сітки на цю точку і проводять відлік по горизонтальному кругу.

Наприклад, при крузі ліво відлік рівний  $18^\circ 30' (KL=18^\circ 30')$ .

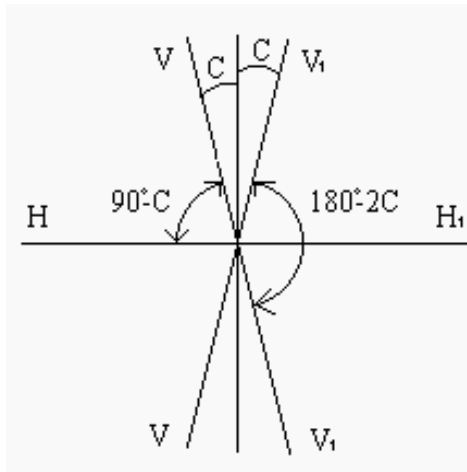


Рис.4.4 - Помилка колімації

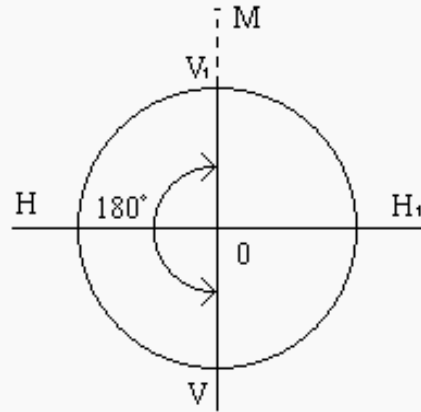


Рис.4.5 - Перевід труби через зеніт

Переводять трубу через зеніт, відкріплюють алідаду, наводять перетин ниток сітки на ту ж точку при крузі право і проводять відлік.

Наприклад, ***КП=198°36'***.

Величину помилки колімації *C* обчислюють за формулою:

$$c = \frac{KP - KL \pm 180}{2}.$$

У прикладі

$$C = \frac{(18^\circ 30' - 198^\circ 36' + 180^\circ)}{2} = -0^\circ 03'.$$

Якщо *C* перевищує подвійну точність відліку по шкалі приладу, то потрібно виправити положення візирної осі.

Для цього обчислюють виправлений відлік по горизонтальному колу, в якому число градусів береться з останнього відліку, а кількість хвилин обчислюється як середнє арифметичне з числа хвилин обох відліків.

У наведеному прикладі виправлений відлік буде рівний

$$198^\circ + \frac{30' + 36'}{2} = 198^\circ 33'.$$

Цей відлік навідним гвинтом алідади встановлюють по горизонтальному колу. Перетин ниток сітки зійде з точки. Слід перемістити сітку ниток так, щоб перехрестя ниток знов встановилося на точці. Для цього використовують 4 виправних гвинта сітки ниток з отворами для шпильки, розташованих під ковпачком 3 (рис. 4.2).

Шпилькою ослаблюють вертикальні гвинти і бічними гвинтами переміщують сітку ниток до тих пір, поки перехрестя не буде на точці. Вертикальні гвинти знов затягують і перевірку повторюють.

**4. Вісь обертання зорової труби має бути перпендикулярною до вер-**

### **тикальної осі обертання теодоліта.**

Вибирають на стіні точку, розташовану під кутом  $40^{\circ}$ - $50^{\circ}$  до горизонту, наводять на неї зорову трубу і закріплюють алідаду. Опускають трубу до горизонтального положення і відзначають на стіні проекцію точки.

Повертають теодоліт на  $180^{\circ}$ , переводять трубу через зеніт, знову наводять перехрестя ниток на верхню точку і опускають трубу до горизонтального положення. Знову відзначають на стіні проекцію точки. Якщо проекції збіглися, то умова виконана. Інакше виправлення проводиться в майстерні.

### **4.2.5 Вимір горизонтальних і вертикальних кутів**

Перед виміром горизонтального кута теодоліт встановлюється в робоче положення.

Установка теодоліта в робоче положення складається з наступних дій:

- а) центрування теодоліта, що полягає в установці центру лімба над вершиною вимірюваного кута за допомогою схилу;
- б) приведення площини лімба в горизонтальне положення за допомогою рівня горизонтального круга і підймальних гвинтів;
- в) установки труби по оку і по предмету.

Установка труби по оку проводиться обертанням діоптрійного кільця до якнайкращої видимості ниток сітки, при цьому труба має бути наведена на світлий фон.

Установка труби по предмету проводиться за допомогою кремальєри, обертаючи яку добиваються чіткого зображення предмету.

### **Вимір горизонтального кута**

Вимір кута виконується способом прийомів. При закріпленому лімбі, повертаючи алідаду, наводять зорову трубу на праву точку 1 (рис. 4.6). Затискають закріпні гвинти алідади і труби і остаточне наведення на точку виконують за допомогою навідних гвинтів алідади і зорової труби.

Після цього проводять відлік по горизонтальному кругу. Відлік записується в журнал (таблиця. 4.1).

Відкріпивши алідаду, наводять зорову трубу на ліву точку 2 і також проводять відлік, записуючи його в журнал. Значення кута дорівнює різниці відліків на праву і ліву точки. Якщо відлік на праву крапку опиниться менше відліку на ліву точку, то до нього додають  $360^{\circ}$ . Таким чином набувають значення кута з першого напівприйому.

Далі переводять трубу через зеніт і зміщують лімб приблизно на  $1^{\circ}$  -  $2^{\circ}$ , для чого роблять 2 - 3 обороти навідним гвинтом лімба, і аналогічно **виконують вимір кута іншим напівприйомом**, записуючи відліки в журнал.

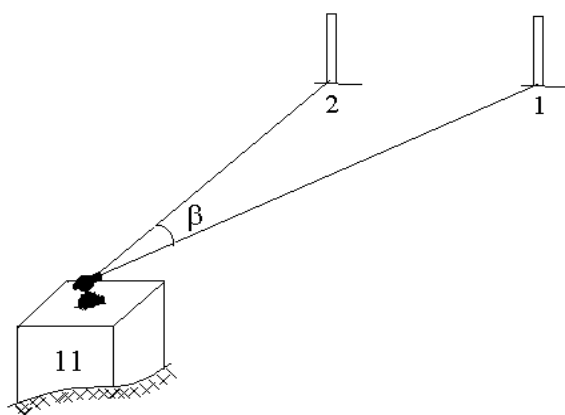


Рис. 4.6 - Схема виміру горизонтального кута

Таблиця 4.1 - Сторінка журналу виміру горизонтальних кутів

| №№<br>точок<br>стоян-<br>ня | №№<br>візова-<br>них<br>предме-<br>тів | Відліки по<br>горизонта-<br>льному кру-<br>гу |      | Кут |      | Середнє з<br>кутів |      |
|-----------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------------|------|-----|------|--------------------|------|
|                             |                                        | о                                             | '    | о   | '    | о                  | '    |
|                             | 1                                      | 192                                           | 43   | 18  | 09,0 |                    |      |
| 11                          | 2                                      | 174                                           | 34   |     |      | 18                 | 09,5 |
|                             | 1                                      | 14                                            | 11,5 | 18  | 10,0 |                    |      |
|                             | 2                                      | 356                                           | 01,5 |     |      |                    |      |

За остаточне значення кута беруть середнє арифметичне, отримане з двох напівприйомів. Остаточне значення округляється до **0,1'**.

Якщо розбіжність значень кута в напівприйомах більш подвійної точності відліку, тобто більше **1'**, запис в журналі закреслюється, відлік на лімбі збивається і виміри повторюються.

### Вимір кута нахилу

**Кутом нахилу** називається кут, складений лінією візування з горизонтальною площиною, що проходить через вісь обертання труби (рис. 4.7).

Перед виміром кута нахилу встановлюють прилад в робоче положення і наводять середню горизонтальну нитку сітки на точку, наприклад, при **КП**.

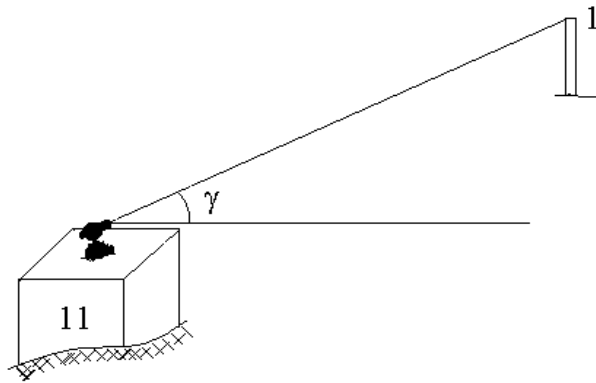


Рис. 4.7 - Схема виміру кута нахилу

Якщо бульбашка рівня відійде від середини, то його необхідно встановити на середину підймальним гвинтом, розташованим у напрямі лінії візування, і перевірити наведення горизонтальної нитки на точку. Проводять відлік по вертикальному кругу і записують його в журнал (таблиця. 4.2).

Переводять трубу через зеніт і аналогічні дії виконують при іншому положенні вертикального круга (при *КЛ*). Відлік записують в журнал. Потім обчислюють місце нуля (*МО*) вертикального круга.

**Місце нуля (*МО*)** - кут, утворений непаралельністю візирної осі і осі рівня при алідаді вертикального круга. Обчислюють за формулою для теодоліта 2Т30

$$МО = \frac{КЛ + КП}{2} \quad (4.6)$$

де *КЛ*, *КП* - відліки по вертикальному кругу на добре видиму, чітко обкреслену ціль при двох положеннях вертикального круга.

**Кут нахилу (*ν*)** - кут між горизонтальною площиною і напрямом візирної лінії труби.

Кут нахилу (*ν*) для теодоліта 2Т30 обчислюють за формулами:

$$\begin{aligned} \nu &= КЛ - МО \\ \nu &= МО - КП, \end{aligned} \quad (4.7)$$

де *МО* – значення місця нуля.

Якщо  $МО \leq 2t$ , де *t* - точність інструменту, то  $\nu = КЛ$ ;

*КЛ*, *КП* - відліки по вертикальному кругу.

Контролем правильності виміру кутів нахилу служить постійність *МО*, коливання якого не повинне перевищувати подвійної точності відліку за шкалою приладу, тобто *1'*.

Таблиця 4.2 - Журнал виміру кутів нахилу

| №№ точок<br>спостере-<br>ження | Звіти по вертикальному кругу |    |              |    | МО |    | Кут<br>нахилу |    |
|--------------------------------|------------------------------|----|--------------|----|----|----|---------------|----|
|                                | КП                           |    | КЛ           |    |    |    |               |    |
|                                | °                            | '  | °            | '  | °  | '  | °             | '  |
| 1                              | -6                           | 26 | Станція № 11 |    | +0 | 01 | +6            | 27 |
|                                |                              |    | +6           | 28 |    |    |               |    |
| 2                              | +1                           | 15 | -1           | 15 | 0  | 00 | -1            | 15 |

#### 4.2.6 Камеральні роботи при теодолітній зйомці

##### 4.2.6.1 Обчислення координат вершин замкнутого і розімкненого ходів теодолітної зйомки

Камеральна обробка результатів теодолітної зйомки починається з перевірки всіх польових обчислень в журналі.

Перевіряють правильність обчислень кутів з напівприймів і середніх значень кутів. Обчислюють середні значення зміряних ліній і їх горизонтальні прокладання шляхом введення поправок за нахил для ліній що мають кут нахилу більш  $1^{\circ}30'$  (поправки за компарування і температуру в цій роботі не вводяться).

Поправки  $\Delta D_v$  за нахил ліній вибирають з таблиці 4.2 або обчислюють за формулами:

$$\Delta D_v = 2D \sin^2 \frac{\nu}{2}, \quad (4.8)$$

де  $D$  - виміряне значення лінії;  $\nu$  - кут нахилу лінії.

Поправка за нахил вводиться завжди із знаком "мінус".

Горизонтальне прокладання лінії знаходять з виразу:

$$d = D - \Delta D_v \quad (4.9)$$

**Приклад:** Лінія завдовжки **153.67 м** (153.67 - середнє з прямого і зворотного вимірів лінії) мала кут нахилу  $\nu = 2^{\circ}30'$ .

Таблиця 4.3 - Поправки за нахил ліній

| Від-<br>даль<br>м<br>Кут<br>нахилу | 10 | 20  | 30  | 40  | 50  | 60  | 70  | 80  | 90  | 100 |
|------------------------------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Поправки в міліметрах              |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 1° 00'                             | 2  | 3   | 5   | 6   | 8   | 9   | 11  | 12  | 14  | 15  |
| 1° 30'                             | 3  | 7   | 10  | 14  | 17  | 20  | 24  | 27  | 30  | 34  |
| 2° 00'                             | 6  | 12  | 18  | 24  | 30  | 37  | 43  | 49  | 55  | 61  |
| 2° 30'                             | 10 | 19  | 29  | 38  | 48  | 57  | 67  | 76  | 86  | 95  |
| 3° 00'                             | 14 | 27  | 41  | 56  | 69  | 82  | 96  | 110 | 124 | 137 |
| 3° 30'                             | 19 | 37  | 56  | 75  | 94  | 112 | 131 | 149 | 168 | 187 |
| 4° 00'                             | 24 | 49  | 73  | 98  | 122 | 146 | 171 | 195 | 220 | 244 |
| 4° 30'                             | 31 | 62  | 92  | 123 | 154 | 185 | 216 | 246 | 277 | 308 |
| 5° 00'                             | 38 | 76  | 114 | 152 | 190 | 229 | 267 | 305 | 343 | 381 |
| 4° 30'                             | 46 | 92  | 138 | 184 | 230 | 276 | 322 | 368 | 414 | 460 |
| 6° 00'                             | 55 | 110 | 164 | 219 | 273 | 329 | 384 | 438 | 493 | 548 |

З таблиці 4.3 знаходимо поправки:

для 100 м - 95 мм;

для 50 м - 48 мм;

для 3 м - 3 мм;

для 0,7 м - 1 мм.

Таким чином, спільна величина поправки складає **147** мм або **0,15** м.

Тоді горизонтальне прокладення  $d = 153,67 - 0,15 = 153,52$  м.

Подальшу обробку виконують у відомості обчислення координат (таблиця. 4.4).

З журналу теодолітної зйомки в графу 2 відомості виписують виміряні кути ходу, в графу 6 записують горизонтальні прокладення ліній, заокруглені до сотих доль метра.

Таблиця 4.4 - Відомості обчислення координат теодолітного ходу

| № кута | Виміряні кути |              | Виправлені кути |    | Дир. кут | Румби |    |    | Гориз. прокл. | Обчислені приращення |                 | Виправлені приращення |                | Координати |           |           |
|--------|---------------|--------------|-----------------|----|----------|-------|----|----|---------------|----------------------|-----------------|-----------------------|----------------|------------|-----------|-----------|
|        | о             | '            | о               | '  |          | наз.  | о  | '  |               | $\pm \Delta X$       | $\pm \Delta Y$  | $\pm \Delta X$        | $\pm \Delta Y$ | $\pm X$    | $\pm Y$   |           |
| I      | 129           | +0,5<br>17,5 | 129             | 18 |          |       |    |    |               |                      |                 |                       |                |            |           |           |
| II     | 123           | +1<br>07     | 123             | 08 | 105      | ЮВ    | 74 | 55 | 123,53        | -                    | +0,04<br>32,15  | + 119,27              | - 32,11        | + 119,27   | + 1000,00 | + 1000,00 |
| III    | 93            | 15           | 93              | 15 | 161      | ЮВ    | 18 | 03 | 297,62        | -                    | +0,09<br>282,97 | + -0,01<br>92,22      | - 282,88       | + 92,21    | + 967,89  | + 1119,27 |
| IV     | 97            | 20           | 97              | 20 | 248      | ЮЗ    | 68 | 42 | 333,12        | -                    | +0,11<br>121,01 | - -0,02<br>310,36     | - 120,90       | - 310,38   | + 685,01  | + 1211,48 |
| V      | 96            | 59           | 96              | 59 | 331      | СЗ    | 28 | 38 | 298,81        | +                    | +0,09<br>262,27 | - -0,01<br>143,19     | + 262,36       | - 143,20   | + 564,11  | + 901,10  |
| I      |               |              |                 |    | 54       | СВ    | 54 | 23 | 297,82        | +                    | +0,09<br>173,44 | + -0,01<br>242,11     | + 173,53       | + 242,10   | + 826,47  | + 757,90  |
|        |               |              |                 |    |          |       |    |    | P=1350,9      | +                    | 435,71          | + 453,60              | + 435,89       | + 453,58   | + 1000,00 | + 1000,00 |
|        |               |              |                 |    |          |       |    |    |               | -                    | 436,13          | - 453,55              | - 435,89       | - 453,58   |           |           |

$$\Sigma \beta_{np} = 539^{\circ}58,5'$$

$$\Sigma \beta_m = 180^{\circ}(n-2)$$

$$\Sigma \beta_m = 180^{\circ}(5-2) = 540^{\circ}$$

$$f_{\beta} = \Sigma \beta_{np} - \Sigma \beta_m = 539^{\circ}58,5' - 540^{\circ} = -1,5'$$

$$f_{np \text{ доп.}} = \pm 1' \sqrt{n} = \pm 1' \sqrt{5} = -2,2'$$

$$1,5' < 2,2'$$

$$fx = -0,42 \quad fy = +0,05$$

$$fp = \sqrt{fx^2 + fy^2} =$$

$$= \sqrt{(-0,42)^2 + (+0,05)^2} = 0,42$$

$$\frac{fp}{P} \leq \frac{1}{2000} \quad \frac{0,42}{1350,9} = \frac{1}{3216} < \frac{1}{2000}$$

**Обчислення кутової незв'язності, виправлених кутів, кутів дирекцій і румбів сторін ходу проводяться в такій послідовності:**

У графу "кути дирекцій" записують заданий кут дирекції сторони 1 - 2, в графі "координати" - координати першої точки ходу.

1. Обчислюють суму виміряних кутів.
2. Обчислюють кутову незв'язність за формулою:

$$f_{\beta} = \sum \beta_{\text{вимір.}} - 180^{\circ}(n-2) \quad (4.10)$$

3. Визначають допустимість кутової незв'язності за формулою:

$$f_{\beta \text{ доп.}} = 1' \sqrt{n}, \quad (4.11)$$

де  $n$  - число кутів ходу.

Якщо  $f_{\beta} \leq f_{\beta \text{ доп.}}$ , тобто незв'язність допустима, то обчислюють поправки  $\vartheta_{\beta}$  у виміряні кути шляхом поділу незв'язності на число кутів з округленням поправок до  $0,1'$ .

Поправки мають знак, протилежний знаку неув'язки, їх записують над значеннями виміряних кутів.

Контролюють правильність обчислення поправок. Їх сума повинна дорівнювати незв'язності з протилежним знаком, тобто

$$\sum \vartheta_{\beta} = -f_{\beta}. \quad (4.12)$$

4. Обчислюють виправлені кути за формулою

$$\beta_{\text{випр.}} = \beta_{\text{вим.}} + \vartheta_{\beta}. \quad (4.13)$$

5. Контролюють правильність обчислення виправлених кутів: сума виправлених кутів повинна дорівнювати теоретичній сумі кутів.

6. Обчислюють дирекційні кути сторін ходу за правилом: дирекційний кут подальшої сторони ходу дорівнює дирекційному куту попередньої сторони плюс  $180^{\circ}$  і мінус виправлений кут, який знаходиться між цими сторонами, що лежить справа по ходу. Початковим дирекційним кутом є дирекційний кут сторони 1 - 2.

$$\alpha_i = \alpha_{i-1} + 180^{\circ} - \beta_{\text{випр.}}, \quad (4.14)$$

При обчисленнях може виявитися, що сума дирекційного кута попередньої сторони плюс  $180^{\circ}$  буде менший, ніж кут, що лежить справа по ходу, тоді до вказаної суми додається  $360^{\circ}$ . Може також виявитися, що дирекційний кут вийшов більше  $360^{\circ}$ , тоді від нього віднімають  $360^{\circ}$ .

7. Контролюють правильність обчислення дирекційних кутів шляхом обчислення дирекційного кута сторони 1 - 2:

$$\alpha_{1-2} = \alpha_{6-1} + 180^{\circ} - \beta_1. \quad (4.14)$$

Обчислений дирекційний кут повинен дорівнювати початковому дирекційному куту .

8. Обчислюють румби по величині дирекційних кутів і залежностей:

|          |     |                           |                           |        |
|----------|-----|---------------------------|---------------------------|--------|
| 1 чверть | ПнС | $r = \alpha;$             | $\alpha = r;$             |        |
| 2 чверть | ПдС | $r = 180^\circ - \alpha;$ | $\alpha = 180^\circ - r;$ |        |
| 3 чверть | ПдЗ | $r = \alpha - 180^\circ;$ | $\alpha = 180^\circ + r;$ | (4.15) |
| 4 чверть | ПнЗ | $r = 360^\circ - \alpha;$ | $\alpha = 360^\circ - r.$ |        |

9. Прирости координат обчислюються за формулами:

$$\Delta x = d \cdot \cos r ; \Delta y = d \cdot \sin r. \quad (4.16)$$

10. Знаки приростів координат визначаються залежно від назви румба.

|     | $\Delta x$ | $\Delta y$ |
|-----|------------|------------|
| ПнС | +          | +          |
| ПдС | –          | +          |
| ПдЗ | –          | –          |
| ПнЗ | +          | –          |

11. Незв'язність в приростах координат для замкнутого ходу знайдемо за формулами:

$$f_x = \sum \Delta x ; \quad f_y = \sum \Delta y. \quad (4.17)$$

Для визначення допустимості незв'язності підраховують **абсолютну лінійну незв'язність**  $f_p$  у периметрі

$$f_p = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} \quad (4.18)$$

і **відносну незв'язність**  $f_p/p$ , яка має бути менше **1/2000**.

Якщо отримана незв'язність допустима, то вони розподіляються на прирости пропорційно довжинам сторін з протилежним знаком з округленням до **0,01** м. Поправки в прирости обчислюються за формулами:

$$\delta_x = -\frac{f_x}{p} d_i \quad \text{и} \quad \delta_y = -\frac{f_y}{p} d_i \quad (4.19)$$

**Сума поправок має дорівнювати незв'язності з протилежним знаком, а сума виправлених приростів повинна дорівнювати нулю.**

12. За координатами вихідної точки, отриманих в результаті прив'язки ходу до геодезичної мережі, і виправленим приростам координат визначають координати всіх точок за формулами:

$$x_i = x_{i-1} + \Delta x_{\text{випр.}} ; \quad y_i = y_{i-1} + \Delta y_{\text{випр.}} \quad (4.20)$$

Контролем правильності обчислення координат є отримання в кінці обчислень координат вихідної точки.

Обчислення **координат точок розімкненого (діагонального) ходу**

проводять в тій же послідовності, що і для замкнутого ходу.

Кутова незв'язність знаходиться в цьому випадку за формулою:

$$f_{\beta} = \sum \beta_{\text{вимір.}} - [(\alpha_H - \alpha_K) + 180^{\circ} \cdot n,] \quad (4.21)$$

де  $\alpha_H$  и  $\alpha_K$  - кути дирекцій сторін, до яких примикає розімкнений теодолітний хід.

13. Після розподілу незв'язності і обчислення виправлених значень кутів знаходять кути дирекцій і румби сторін ходу і обчислюють прирости координат.

Незв'язність в приростах координат для *розімкненого ходу* знаходять за формулою:

$$f_x = \sum \Delta x - (x_K - x_H); \quad f_y = \sum \Delta y - (y_K - y_H), \quad (4.22)$$

де  $x_H, y_H, x_K, y_K$  - відомі координати початкової і кінцевої точок ходу.

Подальші обчислення координат виконуються так само, як і для замкнутого ходу.

За результатами оброблених даних таблиці 4.4 будують план теодолітної зйомки і наносять на нього ситуацію.

### Контрольні запитання

1. Для чого призначений теодоліт?
2. Основні складові теодоліта.
3. Призначення лімба і алідади.
4. Що називається ціною поділки лімба і як її визначити?
5. Що називається точністю приладу і як вона визначається?
6. Для чого служить рівень теодоліта?
7. Що називається віссю циліндричного рівня?
8. Сітка ниток зорової труби, її виправні гвинти.
9. Що називається візирною віссю зорової труби?
10. Установка зорової труби для спостережень.
11. Призначення закріпних і навідних гвинтів теодоліта.
12. Перевірки теодоліта, послідовність їх виконання.
13. Як виконується перевірка перпендикулярності осі циліндрового рівня до основної осі теодоліта?
14. Перевірка правильності установки сітки ниток.
15. Як виконується перевірка перпендикулярності візирної осі труби до осі обертання труби?
16. Як виконується перевірка перпендикулярності осі обертання труби до осі обертання теодоліта?

17. У чому полягає установка теодоліта в робоче положення?
18. Визначення місця нуля вертикального круга.
19. Вимір кута нахилу, формули для його обчислення.
20. Способи орієнтування теодоліта?
21. Як обчислюється кутова нев'язка замкнутого теодолітного ходу? Її допустимість і розподіл.
22. Сума виправлених кутів в замкнутому теодолітному ході.
23. Як обчислюється кутова нев'язка розімкненого теодолітного ходу? Її допустимість і розподіл.
24. Сума виправлених кутів в розімкненому теодолітному ході.
25. Як обчислюються кути дирекцій сторін замкнутого теодолітного ходу? Контроль правильності їх обчислення.
26. Як обчислюються кути дирекцій сторін розімкненого теодолітного ходу? Контроль правильності їх обчислення.
27. Перехід від дирекційних кутів до румбів.
28. За якими формулами обчислюються прирости координат?
29. Як обчислюється нев'язка в приростах координат замкнутого теодолітного ходу? Її допустимість і розподіл.
30. Чому дорівнює сума виправлених приростів координат в замкнутому теодолітному ході?
31. Як обчислюється нев'язка в приростах координат розімкненого теодолітного ходу? Їх допустимість і розподіл.
32. Чому дорівнює сума виправлених приростів координат в розімкненому теодолітному ході?
33. Як обчислюються координати точок замкнутого і розімкненого теодолітних ходів? Контроль обчислень.

### 4.3 Вимір перевищень

#### 4.3.1 Поняття про барометричне нівелювання

Барометричне нівелювання засновано на залежності атмосферного тиску від висоти точки над рівнем моря. Відомо, що із збільшенням висоти на 11 м тиск падає приблизно на 1 мм ртутного стовпа.

Наближені значення перевищення між точками 1 і 2 можна обчислити за так званими скороченими формулами, в яких значення деяких параметрів стану атмосфери прийняті постійними. Найбільш простою і зручною для обчислення різниці висот є формула барометричних ступенів

$$h = H_2 - H_1 = \Delta H(P_1 - P_2),$$

де  $P_1$  і  $P_2$  - тиск в першій і другій точках,  $\Delta H$  - барометричний ступінь, вибраний із спеціальних таблиць.

Під **барометричним ступенем** розуміється різниця висот, відповідна зміні атмосферного тиску на 1 мм рт. ст. і рівна в середньому 11м.

Найбільш поширеними є наступні способи барометричної нівеляції:

1. спосіб замкнутих ходів, що опираються на тимчасові барометричні станції (ТБС), розташовані на пунктах з відомими відмітками;

2. спосіб замкнутих або розімкнених ходів без опори на ТБС між точками з відомими відмітками;

3. спосіб розімкнених ходів між точками з відомими відмітками з урахуванням зміни атмосферного тиску в часі за спостереженнями рейсовими приладами на точках ходу (спосіб стрибкоподібної станції);

4. спосіб баричних базисів.

Спільним для всіх способів є порядок спостереження на барометричних станціях і рейсових точках. Специфічні особливості кожного з перерахованих способів вказані у відповідних інструкціях і технічному завданні.

Точність барометричної нівеляції невисока: середня квадратична помилка виміру перевищення коливається від 0.3 м в рівнинних районах до 2 м і більше в гірських. Застосовується барометрична нівеляція в основному при виконанні геологічних і геофізичних (гравіметричних) зйомок.

#### *4.3.2 Геометричне нівелювання*

**Рельєф місцевості** - це сукупність нерівностей поверхні Землі; він є однією з найважливіших характеристик місцевості.

Знати рельєф - означає знати відмітки всіх точок місцевості.

**Репер** - постійний знак закріплення нівелірного ходу.

**Геометричне нівелювання** - визначення перевищень горизонтальним променем візування за допомогою нівеліра і нівелірних рейок.

**Нерівність плечей на станції** - розбіжність у відстанях від нівеліра до задньої і передньої рейок.

**Головна умова нівеліра** - вісь рівня при трубі має бути паралельна візирній осі труби.

**Перевищення** однієї точки відносно іншої - різниця відміток цих точок.

**Станція нівелювання** - точка стояння нівеліра, на якій виконується вимір перевищення.

**Відмітка точки** - це чисельне значення її висоти над рівневою поверхнею, що є початком відліку висот.

Відмітку будь-якої точки місцевості можна визначити по топографічній карті, проте, точність такого визначення буде невисокою.

Відмітку точки на місцевості визначають по перевищенню цієї точки відносно іншої точки, відмітка якої відома.

**Процес виміру перевищення однієї точки відносно іншої називається-**

**ся нівелюванням.**

Початковою точкою рахунку висот в нашій країні є нуль Кронштадтського футштока (горизонтальна межа на мідній пластині, прикріпленій до устою одного з мостів Кронштадта).

Від цього нуля йдуть ходи нівеляції, пункти яких мають відмітки в Балтійській системі висот. Потім від цих пунктів з відомими відмітками прокладають нові нівелірні ходи і так далі, поки не вийде досить густа мережа, кожна точка якої має відому відмітку.

**Ця мережа називається державною мережею нівелювання;** вона покриває всю територію країни.

Відмітки всіх пунктів нівелірних мереж зібрані в списки - "Каталоги висот". Ці списки безперервно поповнюються, видаються нові каталоги за новими нівелірними ходами.

Для знаходження відмітки будь-якої точки місцевості в Балтійській системі висот потрібно зміряти її перевищення щодо якого-небудь пункту, відмітка якого відома і є в каталозі.

Інколи відмітки точок визначають **в умовній системі висот**, якщо поблизу немає пунктів державної нівелірної мережі. Унаслідок того, що вимір перевищень виконують різними приладами і різними способами, розрізняють:

**Геометричне нівелювання** (нівелювання горизонтальним променем)

**тригонометричне нівелювання** (нівелювання похилим променем)

**барометричне нівелювання**

**гідростатичне нівелювання** і деякі інші.

**Геометричне нівелювання** або нівелювання горизонтальним променем виконують спеціальним геодезичним приладом - **нівеліром**;

**відмінна особливість нівеліра полягає в тому, що візирна лінія труби під час роботи приводиться в горизонтальне положення.**

#### *4.3.2.1 Нівеліри, їх будова та перевірки*

В даний час нівеліри всіх типів випускаються або з рівнем при трубі, або з компенсатором нахилу лінії візування труби.

**Нівелір** - геодезичний прилад, призначений для виміру перевищення між двома точками за допомогою горизонтального променя візування і двосторонніх шашкових рейок з сантиметровими поділками на обох сторонах.

**Основними частинами нівеліра є:**

- зорова труба;
- циліндричний рівень при трубі;
- елеваційний гвинт;
- настановний круглий рівень;
- закріпний і мікрометренний гвинти азимутного обертання;

- трегер.

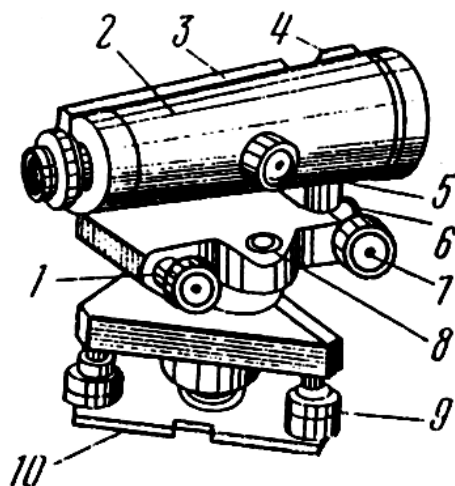


Рис. 4.8 - Нівелір Н 3:

1 - елеваційний гвинт рівня; 2 - зорова труба; 3 - корпус контактної циліндричного рівня; 4 - целік; 5 - гвинт фокусування труби; 6 - затискний гвинт зорової труби; 7 - навідний (мікрометренний) гвинт труби; 8 - круглий настановний рівень; 9 - піднімальний гвинт; 10 - пружна пластинка.

***Найважливішою часткою нівеліра з рівнем є рівень і зорова труба.***

Для приведення осі візування труби в горизонтальне положення служить елеваційний гвинт: з його допомогою піднімають або опускають окулярний кінець труби. При цьому бульбашка рівня переміщується і при його розташуванні в нуль-пункті вісь візування повинна займатиме горизонтальне положення.

У сучасних нівелірах зображення кінців циліндричного рівня через систему призм передаються у полі зору труби (такі рівні називаються контактними) і спостерігач бачить відразу і рейку, і рівень.

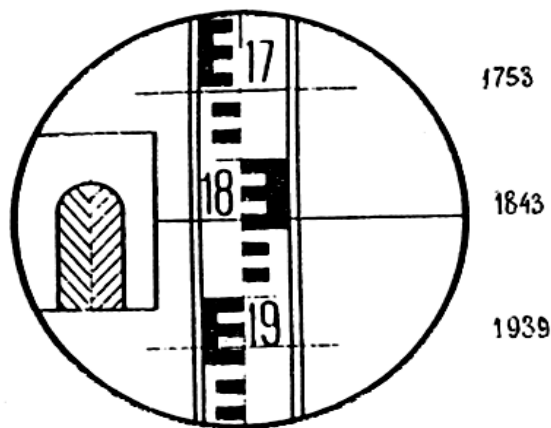


Рис. 4.9 - Поле зору труби нівеліра Н- 3

Для нівеліра з рівнем виконуються **три перевірки**.

**1. Вісь циліндричного рівня і вісь візування труби мають бути паралельними ( $UU_i \parallel WW_i$ ) і лежати в паралельній вертикальній площині - ця умова називається головною умовою нівеліра з рівнем при трубі.**

Перша частина головної умови перевіряється подвійним нівелюванням вперед.

На місцевості забивають два кілочки на відстані близько 50 м один від одного. Нівелір встановлюють над точкою **A** так, щоб окуляр труби знаходився на одній вертикальній лінії з точкою.

Від кілочка до центру окуляра вимірюють висоту інструменту  $i_1$ .

Потім рейку ставлять в точку **B**, наводять на неї трубу нівеліра, приводять бульбашку рівня в нуль-пункт і беруть відлік по рейці  $b_1$ .

Потім нівелір і рейку міняють місцями, вимірюють висоту інструменту  $i_2$ , приводять бульбашку рівня в нуль-пункт і беруть відлік по рейці  $b_2$ .

Якщо головна умова не виконується, то замість правильного відліку  $b_1$  виходить помилковий відлік  $b_2$ .

Помилку у відліках за рейкою  $x$ , викликану непаралельністю осі візування і осі циліндричного рівня, обчислюють за формулою:

$$x = \frac{b_1 + b_2}{2} - \frac{i_1 + i_2}{2} \quad (4.30)$$

Якщо  $x$  виходить більше 4 мм, необхідно виконати юстирування рівня. Для цього елеваційним гвинтом нахиляють трубу нівеліра до тих пір, поки відлік по рейці не дорівнюватиме правильному відліку:

$$b_2 = b_2 + x, \quad (4.31)$$

при цьому бульбашка рівня піде з нуль-пункта. Виправними гвинтами рівня приводять бульбашку в нуль-пункт і для контролю правильності юстирування повторюють перевірку наново.

**2. Вісь круглого рівня має бути паралельна осі обертання нівеліра.**

Приводять бульбашку круглого рівня в нуль-пункт, потім повертають нівелір на  $180^\circ$ . Якщо бульбашка відхилилася від нуль-пункта, то на половину відхилення його переміщують за допомогою підймальних гвинтів і на половину - виправними гвинтами круглого рівня.

**3. Горизонтальна нитка сітки ниток має бути перпендикулярна осі обертання нівеліра.**

Рейку ставлять в 30-40 м від нівеліра і закріплюють її, щоб не гойдалася.

Потім беруть відліки по рейці при трьох положеннях її зображення: в

центрі поля зору (поєднавши вертикальну нитку з віссю рейки), зліва від центру і справа (ліvim і правим краями горизонтальної нитки).

Якщо відліки відрізняються один від одного більш, ніж на 1 мм, то сітку ниток потрібно розвернути, розслабивши заздалегідь її закріпні гвинти.

#### 4.3.2.2 Нівелірні рейки

Виготовлення рейок регламентує Держстандарт 11158-76.

Типи рейок за Держстандартом відповідають типам нівелірів.

Рейка нівелірна РН-05 однобічна, штрихова з інварною смугою застосовується для виміру перевищень з точністю 0.5 мм на 1 км ходу.

Рейка нівелірна РН-3 дерев'яна, двостороння, шашкова застосовується для виміру перевищень з точністю 3 мм на 1 км. ходу.

Рейка нівелірна РН-10 дерев'яна, двостороння, шашкова застосовується для виміру перевищень з точністю 10 мм на 1 км. ходу (рис.4.10). Довжина рейок буває різною: 1200, 1500, 3000 і 4000 мм. В складних рейках в шифр додається буква С, наприклад, РН-10С.

Шашкові рейки виготовляються з висушеної першосортної ялини; допускається виготовлення рейок з пластмас, металів і сплавів, якщо при цьому виконуються вимоги Держстандарту на масу рейки, на температуру її використання і тому подібне.

Перед фарбуванням рейку просочують водовідштовхувальним складом і ґрунтують; поділки у вигляді шашок наносять чорною фарбою на одну сторону рейки і червоною фарбою на іншу. Дециметрові поділки підписують.

На нижню частину рейки кріпиться металева пластина, звана **п'ятою рейки**.

На чорній стороні п'яти рейки відповідне нульова поділка рейки; на червоній - відлік, більший 4000 мм; тому **відліки по червоній і чорній сторонах рейки не можуть бути однаковими**.

Різниця п'ят для даної рейки є постійною величиною, що дозволяє контролювати правильність відліків. У літературі різницю п'ят називають також *різницею нулів рейки*.

Для установки рейки в прямовисне положення на ній є круглий рівень або схил.

На штрихових однобічних рейках поділки наносять на інварну стрічкову смугу, яка натягається уздовж дерев'яного бруска за допомогою спеціального пристрою. Поділки у вигляді штрихів наносять через 5 мм.



Рис.4.10 - Рейка нівелірна РН-10 дерев'яна, двостороння

Для визначення придатності нівелірних рейок до роботи їх досліджують.

Поверхня рейки має бути плоскою. Ухилення по Держстандарту допускається 3 мм для РН-05, 6 мм для РН-3 і 10 мм для РН-10.

Уздовж рейки натягують нитку і просвіт між ниткою і рейкою вимірюють в найширшому місці.

Випадкова помилка в положенні дециметрових і метрових поділок не повинна перевищувати 0.15 мм для штрихових інварних рейок і 0.5 мм для дерев'яних шашкових рейок. Це дослідження виконують за допомогою контрольної лінійки.

1. Визначення різниці п'ят або різниці нулів рейки. Це дослідження виконують шляхом взяття відліків по чорній і червоній сторонах рейки, що стоїть на одній і тій же точці.

2. Перевірка круглого рівня рейки виконується або по схилу, або по вертикальній нитці сітки ниток нівеліра. Схил укріплюють прямо на рейку і встановлюють її прямовисно, при цьому бульбашка рівня повинна знаходитися в нуль-пункті. Інакше виправними гвинтами рівня бульбашку приводять в нуль-пункт.

3. Нахил рейки. Для зменшення впливу нахилу рейки її рекомендується злегка похитувати вперед-назад біля вертикального положення; при відліках менше 1000 мм рейку гойдати не можна. При похитуванні рейки відліки по ній змінюються; найменший відлік є правильним.

4. Помилка нанесення поділок на рейці.

Спільна помилка відліку по шашковій рейці нівеліром Н-3 оцінюється в 4 мм на 100 м відстані.

Розрізняють два види геометричної нівелювання: нівелювання з середини і нівелювання вперед.

При нівелюванні з *середини* нівелір встановлюють посередині між точками *A* і *B*, а на точках *A* і *B* ставлять рейки з поділками (рис.4.11).

При русі від точки *A* до точки *B* рейка в точці *A* називається задньою, рейка в точці *B* - передньою. Спочатку наводять трубу на задню рейку і беруть відлік *a*, потім наводять трубу на передню рейку і беруть відлік *b*.

Перевищення точки *B* щодо точки *A* отримують за формулою:

$$h = a - b. \quad (4.23)$$

Якщо  $a > b$ , перевищення позитивне, якщо  $a < b$  - негативне. Відмітка точки *B* обчислюється за формулою:

$$H_b = H_a + h. \quad (4.24)$$

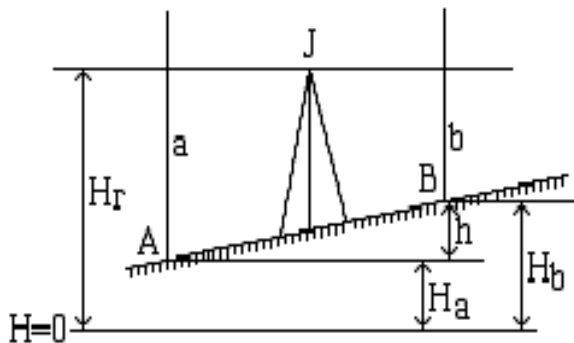


Рис.4.11 - Нівелювання з середини

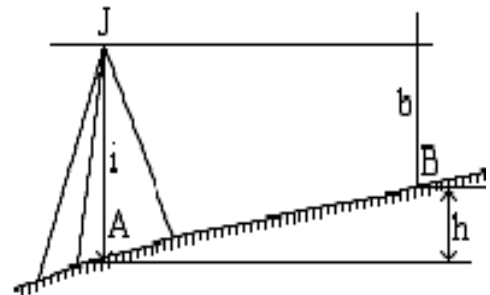


Рис.4.12 - Нівелювання вперед

Висота візирного променя над рівнем моря називається **горизонтом** приладу і позначається *H<sub>г</sub>*:

$$H_g = H_A + a = H_B + b. \quad (4.25)$$

При нівелюванні вперед нівелір встановлюють над точкою *A* так, щоб окуляр труби був на одній прямовисній лінії з точкою. На точку *B* ставлять рейку. Вимірюють висоту нівеліра *i* над точкою *A* і беруть відлік *b* по рейці (рис.4.12).

Перевищення *h* підраховують за формулою:

$$h = i - b. \quad (4.26)$$

Відмітку точки *B* можна обчислити через перевищення за формулою (4.25) або через горизонт приладу:

$$H_b = H_g - b. \quad (4.27)$$

Якщо точки **A** і **B** знаходяться на великій відстані одна від одної і перевищення між ними не можна зміряти з однієї установки нівеліра, то на лінії **AB** намічають проміжні точки 1, 2, 3 і так далі і вимірюють перевищення по частинах (рис.4.13).

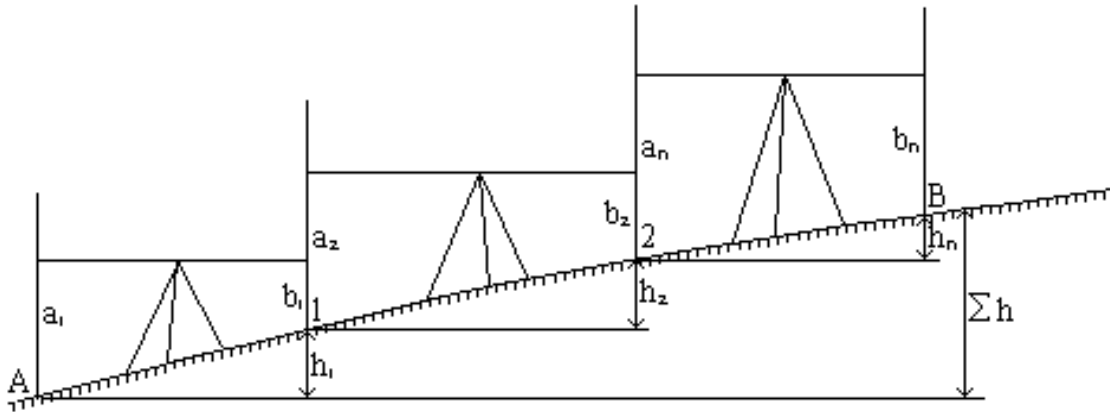


Рис.4.13 - Вимір перевищення по частинах .

На першій ділянці **A-1** беруть відліки по задній рейці - **a<sub>1</sub>** і по передній - **b<sub>1</sub>**. Потім переносять нівелір в середину другої ділянки, а рейку з точки **A** переносять в точку **2**; беруть відліки по рейках: по задній - **a<sub>2</sub>** і по передній - **b<sub>2</sub>**.

Ці дії повторюють до кінця лінії **AB**. Точки, що дозволяють зв'язати горизонти приладу на сусідніх установках нівеліра, називаються **зв'язувальними**; на цих точках відліки беруть двічі - спочатку по передній рейці, а потім по задній.

Перевищення на кожній установці нівеліра, званою станцією, обчислюють за формулою (4.24), а перевищення між точками **A** і **B** буде рівне:

$$h_{AB} = \sum h = \sum a - \sum b . \quad (4.28)$$

Відмітка точки **B** вийде за формулою:

$$H_B = H_A + \sum h . \quad (4.29)$$

При послідовному нівелюванні виходить нівелірний хід.

Послідовне нівелювання всіх станцій лінії **AB** складає нівелірний хід.

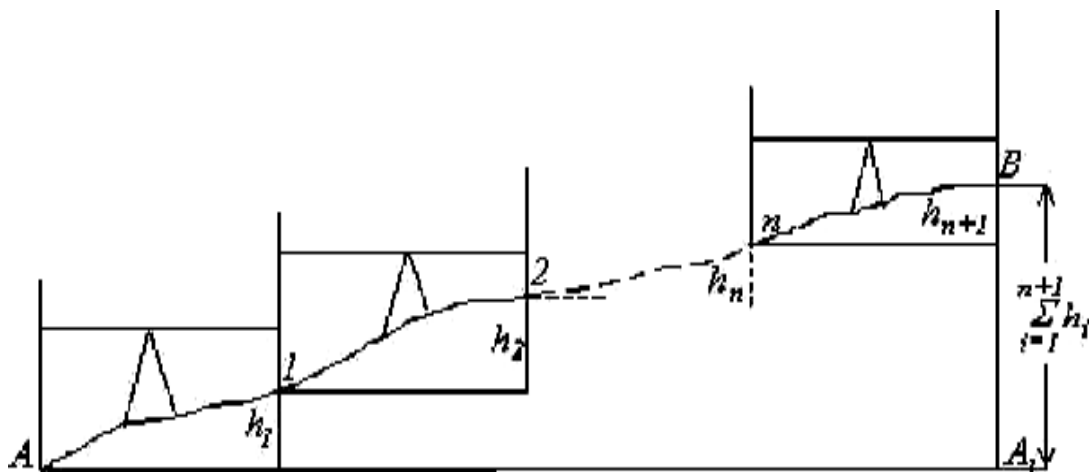


Рис.4. 14 - Нівелірний хід

### Порядок виміру перевищення на станції:

1. Встановити нівелір приблизно посередині між пунктами *A* і *B*, привести нівелір в робоче положення; відстань від нівеліра до рейок не може бути дуже великою (не більше 100 м) або дуже маленькою (менше 5 м); якщо ця відстань за умовами місцевості виходить менше 5 м, то рекомендується поставити нівелір в стороні від рейок (рис. 4.15);



Рис. 4.15 - Одна з можливих схем розташування нівеліра і рейок

2. встановити вертикально рейки на пункті *A* (задня рейка) і на пункті *B* (передня рейка); рейка встановлюється на центр пункту (верхня частка марки початкового пункту або шляпка цвяха на визначуваному пункті);

3. навести зорову трубу на задню рейку, відфокусувати зображення рейки і встановити його в центр поля зору; елеваційним гвинтом привести бульбашку рівня точно в нуль-пункт і взяти відлік по чорній стороні рейки по центральній горизонтальній нитці ЗЧ; записати відлік в журнал;

4. дати команду реєчнику розвернути рейку червоною стороною; перевірити положення бульбашки точно в нуль-пункте і взяти відлік по червоній стороні рейки по центральній горизонтальній нитці ЗК; записати відлік в журнал;

5. обернути нівелір на передню рейку і повторити операції 3 і 4 для передньої рейки - в результаті вийдуть відліки **ПЧ** і **ПК**; записати відліки в журнал;

6. виконати обробку вимірів на станції, тобто:

- обчислити різниці нулів для задньої **Р0З** і передньою **Р0П**,  
 **$P0З = ЗК - ЗЧ$** ;  **$P0П = ПК - ПЧ$** ; записати їх в журнал;
- обчислити перевищення по чорних **ЧП** і червоним **КП** сторонам рейок  
 **$ЧП = ЗЧ - ПЧ$** ;  **$КП = ЗК - ПК$** ; записати їх в журнал;
- обчислити різницю перевищень **ЧП - КП** і записати її в журнал;
- перевірити умову  **$ЧП - КП = Р0П - Р0З$** ;
- при виконанні попередньої умови обчислити середнє перевищення

**$СП = 1/2 * [ЧП + (КП \pm 100)]$** , округлити його до міліметрів і вписати в журнал.

Знак "плюс" або "мінус" вибирається з таким розрахунком, щоб величина в круглих дужках майже дорівнювала **ЧП**.

Допуски на станції: на розбіжність обчисленої і теоретичної різниці нулів рейок 5 мм; на розбіжність чорного і червоного перевищень 5 мм.

Зразок журналу для технічної нівеляції приведений в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 - Зразок запису в журналі технічного нівелювання

| N станції | Відстані до рейок | Відліки по рейках |          | Перевищення мм | Сер. перев. мм |
|-----------|-------------------|-------------------|----------|----------------|----------------|
|           |                   | задня             | передня  |                |                |
| 1         |                   |                   |          | - 692 (7)      | - 693 (10)     |
|           |                   | 1471 (1)          | 2163 (3) |                |                |
| 1-2       |                   | 6172 (2)          | 6966 (4) | - 794 (8)      |                |
|           |                   | 4701 (5)          | 4803 (6) | + 102 (9)      |                |

(числа в дужках указують номери операцій).

Якщо хоча б один допуск буде порушений, потрібно акуратно закреслювати записи станції і повторити на ній всі виміри.

Якщо відстань між пунктами *A* і *B* велика або перевищення між ними більше 2 м, то перевищення вимірюють по частинах; як проміжні пункти використовують нівелірні черевики.

Робота на кожній станції виконується за описаною вище методикою, а перевищення між пунктами обчислюється як сума середніх перевищень на станціях.

Хід технічного нівелювання за пунктами теодолітного ходу може бути як розімкненим, так і замкнутим; він виконується в одному напрямі.

#### 4.3.2.3 Обчислення відміток пунктів ходу технічного нівелювання

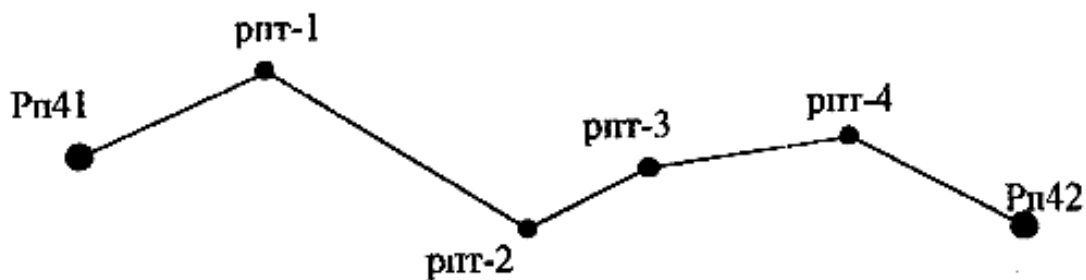


Рис 4.16 - Схема розімкненого нівелірного ходу

Для обчислення відміток пунктів ходу технічної нівелювання слід виконати наступні операції:

1. Обчислення висотної незв'язності ходу за формулою

$$f_h = \sum h_i - \sum h_{теор}, \quad (4.30)$$

де  $\sum h_{теор}$  - теоретична сума перевищень, знайдена за формулою

$$\sum h_{теор} = H_{Рп42} - H_{Рп41}, \quad (4.31)$$

порівняння її з допустимим значенням  $f_{h(дон)}$  ;

для технічної нівеляції  $f_{h(дон)} = 50 \text{ мм} * \sqrt{\sum l_i}$  ,

де  $\sum l_i$  - довжина ходу в км.;

2. Обчислення поправок в виміряних перевищеннях за формулою

$$V_{hi} = \frac{f_h}{\sum l_i} * l_i \quad (4.32)$$

поправки потрібно округлювати до міліметрів (або в метрах - до третього знаку після коми);

3. Перевірка контролю  $\sum V_{hi} = f_h$ ,

якщо контроль не виконується хоча б на 1 міліметр, то потрібно виправити одну або декілька поправок на 1 міліметр, починаючи з найдовшої секції до абсолютного виконання контролю;

4. Обчислення виправлених перевищень за формулою

$$h_{i(испр)} = h_i + V_{hi} \quad (4.33)$$

5. Обчислення відміток проміжних реперів за формулою

$$H_i = H_{i+1} + h_{i(испр)} \quad (4.34)$$

обчислене значення відмітки пункту в кінці ходу **Rp42** повинно в точності збігтися з його заданим значенням.

Приклад обробки ходу технічного нівелювання наведений в табл. 4.6.

Таблица 4.6 – Обробка ходу технічного нівелювання

| № секції<br><i>i</i> | Назва репера, пікетів | Вимірюв. перевищ.<br><i>h<sub>i</sub></i> (м) | Довжина секції<br><i>l<sub>i</sub></i> (км) | Поправка в перевищ.<br><i>V<sub>hi</sub></i> (м) | виправл. перевищ.<br><i>h<sub>i(испр)</sub></i> (м) | Відмітки реперів<br><i>H<sub>i</sub></i> (м) |
|----------------------|-----------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------|
|                      | Rp41                  |                                               |                                             |                                                  |                                                     | <u>100,000</u>                               |
| 1                    |                       | +1,427                                        | 3,8                                         | +0,036                                           | +1,463                                              |                                              |
|                      | рт-1                  |                                               |                                             |                                                  |                                                     | 101,463                                      |
| 2                    |                       | +0,540                                        | 6,1                                         | +0,058                                           | +0,598                                              |                                              |
|                      | рт-2                  |                                               |                                             |                                                  |                                                     | 102,061                                      |
| 3                    |                       | +3,123                                        | 0,9                                         | +0,009                                           | +3,132                                              |                                              |
|                      | рт-3                  |                                               |                                             |                                                  |                                                     | 105,193                                      |
| 4                    |                       | -2,268                                        | 2,2                                         | +0,021                                           | -2,247                                              |                                              |
|                      | рт-4                  |                                               |                                             |                                                  |                                                     | 102,946                                      |
| 5                    |                       | +0,041                                        | 1,4                                         | +0,021                                           | +0,054                                              |                                              |
|                      | Rp42                  |                                               |                                             |                                                  |                                                     | <u>103,000</u>                               |
|                      | $\Sigma$              | +2,863                                        | 14,4                                        | +0,137                                           | +3,000                                              |                                              |

Ходи технічного нівелювання прокладаються між реперами з відомими відмітками. При цьому як в зімкнутому так і розімкненому ходах нівелювання виконується один раз - в прямому напрямі.

**Висячий хід** (що опирається на один репер з відомою відміткою нівелюється двічі: прямо і назад. Допустима нев'язність  $f_h$  не повинна перевищувати 50 мм на 1 км ходу.

Довжина ходу технічного нівелювання залежить від його форми: розімкненого і зімкнутого ходів вона може досягати 16 км, висячого - не більше 8 км.

Частина ходу між двома закріпленими на місцевості точками ходу (реперами) називається секцією, довжина якої визначається сумою відстаней від нівеліра до рейок. Перевищення між реперами визначається сумою перевищень, виміряних на кожній станції секції:

#### 4.3.3 Тахеометрична зйомка

**Тахеометрична зйомка або тригонометричне нівелювання називають також геодезичним або нівелюванням похилим променем.**

**Воно виконується теодолітом; для визначення перевищення між двома точками потрібно виміряти кут нахилу й відстань.**

В точку *A* встановлюють теодоліт, у точку *B* - рейку або віху відомої висоти *V* ( рис.4.35 )

Вимірюють кут нахилу зорової труби теодоліта при наведенні її на верх віхи або рейки.

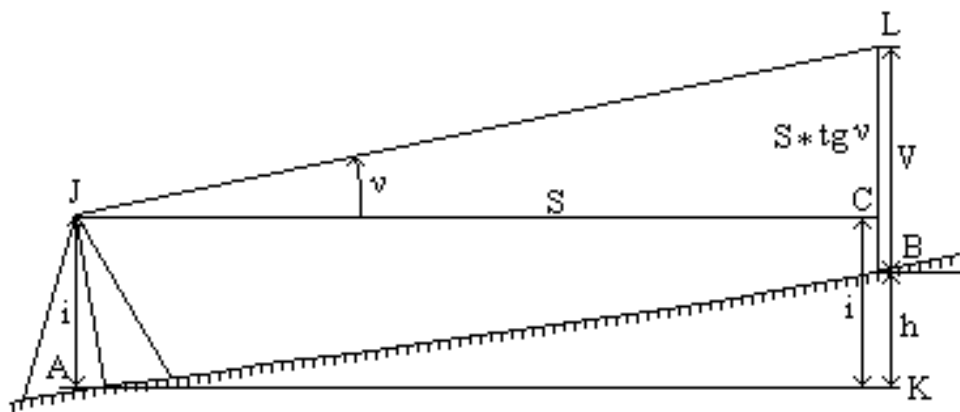


Рис. 4.17 - Схема тригонометричного нівелювання

Довжину відрізка *LK* можна представити як суму відрізків *LC* і *CK* з одного боку і як суму відрізків *LB* і *BK* з іншого. Відрізок *LC* знайдемо з  $\Delta JLC$ :

$$LC = S * \operatorname{tg} \nu , \quad (4.35)$$

інші відрізки позначені на рисунку.

$$\text{Тоді } LC + CK = LB + BK \quad \text{і} \quad S * \operatorname{tg}(v) + i = V + h \quad (4.36)$$

Звідси виразимо перевищення  $h$

$$h = S * \operatorname{tg}(v) + i - V, \quad (4.37)$$

де  $i$  – висота, вимірювана від точки  $A$  до осі обертання труби,  
 $v$  – висота наведення візирного променя (на рис. 4.17 - відрізок  $LB$ ,  
висота рейки  $V$ )

Таким чином ,

$$S * \operatorname{tg}(v) + p + i = r + V + h, \quad (4.38)$$

звідки

$$h = S * \operatorname{tg}(v) + (i - V) + (p - r), \quad (4.39)$$

або

$$h = S * \operatorname{tg}(v) + (i - V) + f. \quad (4.40)$$

При вимірі відстані за допомогою нитяного далекоміра формула перевищення декілька змінюється;

тому що  $S = (Cl + c) * \operatorname{Cos}^2(v)$ , то

$$h = 0.5 * (Cl + c) * \operatorname{Sin}(2*v) + i - V + f = h' + i - V + f, \quad (4.41)$$

Величину

$$h' = 0.5 * (Cl + c) * \operatorname{Sin}(2*v) \quad (4.42)$$

називають **тахеометричним перевищенням**.

При  $S = 100$  м , величиною  $f$  можна знехтувати, оскільки

$$f = 0.66 \text{ мм } S^2 ,$$

де  $S$  - відстань (у сотнях метрів).

**Помилка виміру перевищення з тригонометричного нівелювання** оцінюється величиною від 2 см до 10 см на 100 м відстані.

При послідовному вимірі перевищень виходить висотний хід; у висотному ході кути нахилу вимірюють двічі: у прямому і зворотному напрямках.

**Тахеометрія** - грецьке слово і в перекладі означає швидкий вимір.

Швидкість виконання тахеометричних робіт пояснюється отриманням при одному положенні візирної осі труби 1 - напрям, визначеного по бусолі або по лімбі горизонтального круга, 2 - відстані, вимірюваної по далекоміру, і 3 - перевищення, відлічуваного по рейці або обчисленого по виміру вертикального кута.

Тахеометричні роботи проводяться під час знімального обґрунтування (прокладкою тахеометричних ходів) і зйомки ситуації і рельєфу (звичай полярним способом).

План тахеометричної зйомки складається в камеральних умовах.

Роздільне виконання польових і камеральних робіт є її недоліком, оскільки можливі промахи в роботі при камеральному складанні плану (особливо в зображенні рельєфу) можуть залишитися непоміченими. Щоб уникнути цих промахів, під час польових робіт необхідно складати кроки (**план окомірної зйомки**).

Тахеометричну зйомку виконують для складання планів в крупних масштабах. Найдоцільніше застосовувати тахеометрію при зйомці місцевості з ясно вираженим рельєфом.

При тахеометричній зйомці застосовують інструменти двох типів: тахеометри-автомати і кругові тахеометри. Найбільшу продуктивність дають тахеометри-автомати, що мають різні пристосування, за допомогою яких можна отримати без обчислень горизонтальні прокладення ліній і відмітки точок або перевищення між суміжними точками.

#### *4.3.4 Мензальна зйомка*

Основним методом картографування території нашої країни є аерофототопографічна зйомка. Вона застосовується при зйомці в масштабах 1 : 5 000 і дрібніше.

Проте бувають випадки, коли таку зйомку провести немає можливості; при зйомці невеликих за площею ділянок місцевості проводити аерофотознімання економічно недоцільно. В цьому випадку проводиться **мензальна зйомка**.

При мензальній зйомці горизонтальні кути не вимірюються (як це робиться при теодолітній і тахеометричній зйомках), а будуються на плані безпосередньо в полі.

Унаслідок вказаної особливості мензальна зйомка ще називається **кутонакреслювальною**. Результати зйомки об'єктів місцевості послідовно наносяться на план безпосередньо в полі на кожній знімальній станції.

Ця обставина вигідно відрізняє мензальну зйомку від тахеометричної: **при мензальній зйомці безперервно проводиться зіставлення відповідних ділянок місцевості і плану, що в деякій мірі гарантує від можливих промахів.**

Знімальне обґрунтування для мензульної зйомки складають на основі пунктів опорної геодезичної мережі. Для побудови знімального обґрунтування також застосовуються теодолітні і тахеометричні ходи, триангуляційні побудови, різні зарубки, мензульні ходи і геометрична мережа.

Перші чотири види утворюють аналітичне знімальне обґрунтування, тому що координати пунктів отримують при зрівнюванні конкретної геодезичної побудови. Останні два види відносяться до графічного знімального обґрунтування.

Допустима лінійна нев'язність мензульного ходу на планшеті рівна 0.8 мм.

Відмітки пунктів геометричної мережі отримують з технічної нівеляції або висотних ходів.

Мензульна зйомка проводиться за допомогою *мензули і кіпрегеля*.

Мензула є своєрідним столиком. На мензульну дошку наклеюють лист високоякісного креслярського паперу; у цьому вигляді вона називається планшетом.

Кіпрегель є верхньою часткою тахеометра. Його основними частинами є довга лінійка (алідада), на якій за допомогою колонки укріплені зорова труба і вертикальний кутомірний круг. На лінійці є циліндровий рівень. Труба і вертикальний круг мають спільну вісь обертання, яка при правильній установці кіпрегеля займає горизонтальне положення; візирна вісь труби при обертанні останньої утворює прямовисну площину колімації.

Приладами мензульного комплекту є центрувальна вилка і бусоль (або орієнтир-бусоль), за допомогою яких мензула центрується над опорною точкою і орієнтується з урахуванням магнітної відміни.

### Контрольні запитання

1. Розповісти про пристрій нівеліра НЗ.
2. Розповісти про перевірки нівеліра.
3. У чому полягає головна умова нівеліра?
4. Перелічити прилади, що входять у комплект для технічного нівелювання.
5. Який порядок спостережень на станції по програмі технічного нівелювання?
6. Для чого виконується й у чому полягає посторінковий контроль?
7. Який порядок дій при установці нівелірів у робоче положення?
8. Які способи контролю відліків по рейках застосовують при геометричному нівелюванні?
9. Назвати типи нівелірних рейок і пояснити їх будову.
10. Як здійснюється контроль відліків на станції нівеліра?
11. Як контролюються перевищення між двома пікетами та на всьому маршруті?

12. Як погоджуються перевищення для різних видів маршрутів?
13. Як обчислити абсолютні оцінки пікетів на трасі нівелювання?
14. Чим відрізняються тригонометричне від геометричного нівелювання?
15. У чому переваги й недоліки мензульної зйомки?

## 5 ДИСТАНЦІЙНІ МЕТОДИ ВИВЧЕННЯ ЗЕМНОЇ ПОВЕРХНІ

Дистанційні методи вивчення земної поверхні (ДМВЗП) засновані на вимірі параметрів земної поверхні на відстані з передачею результатів по індивідуальній лінії зв'язку. Такі виміри виконуються, як правило, з літаючих апаратів.

Технічна дисципліна, що має своїм завданням визначення виду й розмірів якого-небудь об'єкта шляхом вивчення й виміру не самого об'єкта, а його фотографічного зображення, називається фотограмметрією. Найбільше застосування фотограмметрія знайшла в топографії, де об'єктом вивчення й виміру є місцевість. Тут завдання фотограмметрії складається у тім, щоб польові виміри, необхідні для створення топографічної карти, замінити вимірами аерофотознімки в камеральних умовах за допомогою спеціальних фотограмметричних приладів.

ДО ДМВЗП відносяться аерофотознімання й космічні зйомки різного призначення.

### 5.1 Аерофотозйомка

**Аерофотозйомки** - фотографування місцевості з літака або якого-небудь іншого літального апарата. Аерофотозйомка проводиться для створення топографічних карт за аерофотознімками, вивчення й обліку лісових і земельних фондів, проектування інженерних споруд, при виконанні геологорозвідувальних робіт, геофізичних зйомок і для інших народногосподарських робіт.

У військах аерофотознімання ведеться з метою розвідки території супротивника, його бойової техніки й інженерних споруджень.

Аерофотозйомка виконується спеціальними аерофотоапаратами (АФА) і залежно від характеру польоту *підрозділяється на одинарну, маршрутну й площинну, залежно від виду аерофотознімків - на планову й перспективну.*

**Одинарна** аерофотозйомка застосовується при фотографуванні окремих об'єктів або групи їх, коли вони можуть бути зняті на одному або небагатьох (2-3) знімках і немає потреби в стереоскопічному (об'ємному) розгляді сфотографованих об'єктів.

**Маршрутна аерофотозйомка** - фотографування місцевості вздовж деякого напрямку (маршруту).

Виконується з метою розвідки доріг, річок, берегів крупних водоймищ і інших протяжних об'єктів. Ширина смуги, що знімається, і число знімків, необхідне для аерофотозйомки, розраховується за спеціальними формулами з урахуванням масштабу аерофотозйомки.

**Площинна аерофотозйомка** - зйомка ділянки земної поверхні, що перевищує по ширині площу, що фотографується одним маршрутом. При аерофотозніманні площі прокладається ряд паралельних між собою маршрутів з дотриманням заданого перекриття між ними. Відстань між маршрутами, кількість маршрутів, спільна кількість аерофотознімків при заданій площі розраховуються за відповідними формулами.

**Планова аерофотозйомка** - зйомка, при якій АФА встановлюється в літаку так, щоб його оптична вісь під час фотографування займала прямовисне положення; відхилення від такого положення на деякий кут  $\alpha$  відбувається внаслідок неминучого коливання літака в повітрі.

Величина кута при плановому аерофотозніманні зазвичай менше  $3^\circ$  (в середньому біля  $1.5^\circ$ ), а із застосуванням гідростабілізуючої установки вона зменшується до  $30''$ . Приблизно про величину цього кута можна судити по положенню бульбашки рівня, що фіксується на аерофотознімку. Повздовжнє перекриття аерофотознімків при виконанні планового аерофотознімання має бути не менше 55%, поперечне (залежно від рельєфу місцевості і способу фотограмметричної обробки аерофотознімків) - 30 - 40%.

**Перспективне аерофотознімання** - зйомка, при якій АФА встановлений в літаку так, що його оптична вісь нахилена від прямовисного положення на деякий постійний кут.

Отримані при цьому знімки називаються перспективними. Перспективне аерофотознімання широко застосовується при загальному огляді місцевості, оскільки з рівних висот і однаковими АФА фотографується площа більша, ніж при площинному аерофотозніманні.

При цьому, потрібні об'єкти фотографуються з деякої відстані, не пролітаючи безпосередньо над ними, для чого застосовується пристрій, що коливається, дозволяє отримувати одночасно планові та перспективні знімки.

**Аерофотознімок є центральною проекцією ділянки місцевості.**

Відомо, що план є ортогональною проекцією місцевості. Тому, якщо ділянка, що знімається, і плівка горизонтальні, а оптична вісь АФА займає прямовисне положення, то аерофотознімок можна вважати за план місцевості.

Але в більшості випадків аерофотознімок не є планом місцевості.

**Масштабом аерофотознімка** називається відношення довжини лінії на аерофотознімку до довжини горизонтального прокладення відповідної лінії на місцевості.

Масштаб похилого аерофотознімка не є постійною величиною: рівним між собою по довжині лініям місцевості відповідають лінії різної довжини

на аерофотознімку.

Унаслідок нерівності масштабу похилого аерофотознімка по різних напрямках елементи місцевості змальовуються на ній в спотвореному вигляді.

Орієнтування аерофотознімка проводиться по лініях, що є на знімку і на місцевості, або по уявних лініях, що сполучають ясно виражені предмети (точки контурів).

Після того, як аерофотознімок зорієнтований по лініях місцевості, можна встановити на ньому бусоль, прокреслити лінію, паралельну магнітній стрілці. **Ця лінія є напрямом магнітного меридіана.**

Два аерофотознімки, отримані при фотографуванні місцевості з двох точок фотографування, що мають між собою перекриття не менше 55%, складають стереоскопічну пару (стереопару).

Метод, заснований на використанні стереоскопічного зору, тобто здатності ока спостерігача відчувати об'ємний простір, називається **стереоскопічною зйомкою**. Цей метод використовується для визначення висот точок земної поверхні і зарисовки горизонталей за допомогою стереоприборів в камеральних умовах.

#### 5.1.2 Аерофототопографічна зйомка

**Аерофототопографічна зйомка** - вид топографічної зйомки, заснованої на використанні аерофотознімків.

Аерофотознімання проводиться двома методами: комбінованим і стереотопографічним.

**Комбінованим методом** є поєднання фотограмметричної обробки аерофотознімків з мензульною зйомкою.

Складається фотоплан, а потім на репродукції з нього знімають в полі рельєф методами мензульної зйомки. Комбінований метод зазвичай застосовується для зйомки рівнинних районів із слабо вираженим рельєфом.

Створення топографічної карти комбінованим методом складається з наступних етапів:

- 1 - льотнозйомочні і фотолабораторні роботи;
- 2 - побудова геодезичної основи, планова прив'язка аерофотознімків;
- 3 - розвиток фототріангуляції;
- 4 - трансформація аерофотознімків, монтаж фотосхем;
- 5 - згущення висотного знімального обґрунтування, зйомка рельєфу на фотопланах і дешифрування контурів;
- 6 - викреслювання і оформлення оригіналу карти.

**Фототріангуляція** метод визначення опорних точок в камеральних умовах за допомогою фотограмметричних приладів або графічних побудов.

Розрізняють просторову фототріангуляцію, при якій визначаються всі три координати точок, і планову (площинну), якщо визначається тільки їх планове положення.

**Трансформація аерофотознімків** - перетворення планових або перспективних аерофотознімків в горизонтальні. У процес трансформації входить також приведення аерофотознімків до заданого масштабу і зменшення спотворень, обумовлених рельєфом місцевості.

## **5.2 Космічна зйомка**

З появою штучних супутників Землі (ШСЗ) геодезія отримала нові шляхи і методи вирішення її основної наукової проблеми, пов'язаної з визначенням фігури, розмірів і зовнішнього гравітаційного поля Землі.

Відкрилися нові методичні можливості і для вирішення її інженерно-технічних завдань. Поява ШСЗ укріпила старі і відродила нові зв'язки геодезії з геофізикою, астрономією, небесною механікою, радіоелектронікою. На основі цих наук виникла нова наукова дисципліна, що отримала назву супутникової геодезії, яка знаходиться в стані безперервного розвитку.

### *5.2.1 Предмет і завдання супутникової геодезії*

Предмет вивчення і завдання, що вирішуються супутниковою геодезією, загалом збігаються з предметом і завданнями вищої геодезії.

Як і вища геодезія, супутникова геодезія вивчає фігуру, розміри і зовнішнє гравітаційне поле Землі, а також теорію і методи вирішення цієї наукової проблеми. Супутникова геодезія вирішує цю проблему за допомогою спостережень за положенням і рухом переважно штучних небесних тіл в навколоземному космічному просторі.

Супутникова геодезія вирішує ряд завдань, які мають велике наукове і практичне значення.

Всі ці завдання по характеру і методу їх вирішення поділяються на геометричні і геодинамічні.

**Завданнями супутникової геодезії** геометричного характеру є:

- побудова мережі опорних геодезичних пунктів з визначенням їх положення в єдиній системі просторових координат, віднесених до центру мас і осі обертання Землі;
- визначення взаємного положення початку і орієнтування осей різних систем координат, віднесених до різних референц-еліпсоїдів;
- визначення положення окремих стаціонарних пунктів і рухливих цілей у вибраній системі координат.

При вирішенні цих завдань супутник служить лише проміжною візи-

рною ціллю, за яким спостерігають синхронно з двох або більше наземних станцій.

*Динамічними* завданнями є:

- визначення просторового положення супутника і поточних параметрів його орбіти;
- вивчення різних збурень в орбітальному русі супутника;
- визначення фігури, розмірів і зовнішнього гравітаційного поля Землі як планети в цілому.

Вирішення цих завдань вимагає спостереження супутника протягом довгого часу.

Виконані спостереження міжпланетних станцій і далеких космічних апаратів радіотехнічними засобами можуть вирішувати дуже важливі завдання, що представляють великий інтерес для геодезії, астрономії, геофізики.

До таких завдань можна віднести:

- визначення геоцентричних координат станцій спостереження;
- вивчення рухів небесних полюсів, тобто коливань Землі на своїй осі обертання;
- визначення відношення маси планети до маси Землі або Сонця.

Спостереження ШСЗ дають змогу вирішувати проблеми вищої геодезії на підставі принципово інших вимірювальних даних і методів, чим це витікає з класичних принципів геодезії.

### *5.2.2 Методи спостережень штучних супутників*

В даний час методи спостережень ШСЗ прийнято ділити на *оптичні* і *радіотехнічні* - залежно від діапазону електромагнітних коливань, в якому виконуються виміри.

Оптичні методи визначення напрямку на супутник полягають у вимірі зенітної відстані і азимута супутника кінотеодолітами або у визначенні цього напрямку в заданій зірками системі координат шляхом фотографування на фоні зірок.

До оптичних методів відноситься також метод виміру дальності супутника лазерними далекомірами.

До радіотехнічних методів спостереження відносяться методи визначення напрямку на ШСЗ короткобазисними інтерферометрами, виміри дальності супутника фазовими і імпульсними радіотехнічними системами, доплеровські, що засновані на використанні доплеровського ефекту зрушення частоти і дають інформацію або про радіальну швидкість супутника відносно станції спостереження і її зміну (диференціальні доплерівські методи), або про різницю дальностей до двох положень супутника від станції (інтегральні доплерівські методи).

Важливим для всіх радіотехнічних методів є їх всепогодність і можливість проведення спостережень у будь-який час доби.

У супутникових навігаційних системах (СНС) першого покоління для визначення місця розташування використовується ефект Доплера.

Одне спостереження супутника дозволяє написати рівняння однієї лінії положення, що має форму або гіперболи (доплеровський диференціальний метод), або складнішої кривої ізодопи (доплеровський інтегральний метод).

При  $n$  спостереженнях положення спостерігача виходить в одній з точок перетину з відповідних гіпербол або ізодоп.

Для підвищення точності і однорідності державної геодезичної мережі створена доплеровська геодезична мережа, яка рівномірно розташована по всій території.

У СНС другого покоління вимірюються дальності, тобто відстані від визначуваної точки до супутників, координати яких відомі на будь-який момент часу.

Геометрична ідея такого визначення полягає в знаходженні положення точки з лінійної просторової зарубки; положення точки фіксується або трьома прямокутними координатами  $X, Y, Z$ , або геодезичними координатами на еліпсоїді (широтою  $B$  і довготою  $L$ ) і заввишки  $H$  над поверхнею еліпсоїда.

При обробці спостережень супутників доводиться враховувати параметр "час", тому для однозначного вирішення зарубки необхідно спостерігати чотири супутника, розташовані рівномірно по азимуту (через  $90^\circ$ ) і під кутом нахилу  $\alpha_c = 40^\circ - 60^\circ$ .

***Існують абсолютний і відносний способи визначення координат за допомогою СНС.***

При абсолютному способі отримують координати пункту установки антени в прийнятій системі координат; при відносному способі комплект апаратури розподіляється на два пункти, один з яких має відомі координати та із спостережень визначають прирости координат між цими пунктами.

Точність отримання величин залежить від способу визначення координат, від типу апаратури і від характеру коду сигналів супутника. Так, навігаційною апаратурою виміру абсолютним способом виконуються з похибкою 30 – 100 м (знижених точності) і 1 – 30 м (підвищених точності).

Відносні виміри при виконанні топографічних робіт характеризуються похибкою 0.1 – 5.0 м та геодезичних – (5 – 10) мм +  $S \cdot 10^{-6}$ , де  $S$  – відстань між геодезичними пунктами.

### *5.2.3 Побудова нової геодезичної основи*

До 1968 р. дослідження в області космічної геодезії проводилися

Центральним науково-дослідним інститутом геодезії, аерофотозйомки і картографії в основному по дуже важливому напрямку: визначення параметрів гравітаційного поля Землі (ГПЗ) по наземних і супутниковим вимірам.

Із створення в 1968 р. лабораторії супутникової геодезії під керівництвом професора Ізотова А.А. почалися дослідження та практичні роботи, пов'язані з побудовою геодезичних мереж за спостереженнями супутників і інших космічних об'єктів. Точність визначення положення пунктів спостережень фотографічним методом досягала 3-5 м.

З кінця 1970-х рр. почалися роботи з геодезичного використання доплеровських спостережень супутників навігаційною системою TRANSIT. Як і при використанні фотографічних спостережень, проводилися спільні роботи по створенню об'єднаної доплеровської геодезичної мережі (ДГС), що охоплює території Болгарії, Угорщини, Польщі, Словачії.

В результаті була створена мережа, що включає 160 пунктів при відстанях між ними 300-1000 км. Ці пункти були включені в спільне порівняння основних мереж єдиної Державної геодезичної мережі. Точність визначення положення пунктів ДГС в єдиній системі по кожній з просторових координат відповідала в середньому 0.5 м.

Починаючи з середини 1980-х рр. одним з пріоритетних напрямів досліджень стало геодезичне використання супутникових систем GPS і їх аналогів, геодезичних технологій широкого спектру застосувань, що стали основою, в більшості виробничих і науково-технічних галузей, які вимагають геодезичного забезпечення.

За останні роки досягнуті значні успіхи в розвитку і застосуванні супутникових глобальних систем позиціонування (GPS).

Висока точність визначення координат дозволяє використовувати їх при вирішенні широкого спектру геодезичних завдань від визначення положення пунктів нової геодезичної основи до геодезичного обґрунтування проектно-дослідницьких робіт і будівництва різних народногосподарських об'єктів. Порівняння GPS-методів з традиційними показали високу економічну ефективність перших: на виконання польових GPS-вимірів було витрачено людино-годин в 8 разів менше, а на організаційні і камеральні роботи - в 6 разів.

### ***Переваги GPS-методу перед традиційними:***

- відсутність необхідності прямої видимості між пунктами; вища точність визначення відносних координат;
- отримання результатів в єдиній системі координат; можливість отримання тривимірної рішення (планово - висотного);
- високий ступінь автоматизації як польових, так і камеральних робіт; підвищення безпеки виконання робіт;

- економічна доцільність.

Все вищевикладене дозволяє зробити висновок про доцільність застосування GPS - апаратури не лише для побудови опорних геодезичних мереж, але і при інженерно-геодезичних роботах, де ефект може бути ще вище.

Традиційні технології можуть бути ефективніше, ніж GPS - методи при проведенні робіт в умовах щільної міської багатоповерхової забудови і на інших об'єктах, де прийом супутникових сигналів ускладнений або неможливий.

### **Контрольні запитання**

- 1) Аерофотозйомки: види аерофотозйомок та їх призначення.
- 2) Для чого використовуються аерофотознімки?
- 3) Масштаб аерофотознімка.
- 4) Відмінність комбінованого методу аерофотознімання від стереопографічного.
- 5) Предмет і завдання супутникової геодезії.
- 6) Ідея вирішення геометричних завдань супутникової геодезії.
- 7) У чому полягає перевага GPS-технологій перед традиційними методами геодезії?

## **6 КАРТОГРАФІЧНІ ОБРАЗНО-ЗНАКОВІ ПРОСТОРОВІ МОДЕЛІ**

### **6.1 Карти та їх властивості**

*Карта* - зменшене, подібне та узагальнене зображення на площині поверхні Землі, інших небесних тіл або космічного простору, що побудоване за певними математичними законами й наочно за допомогою умовних знаків показує розміщення й зв'язки різних предметів, явищ чи процесів, а також їх якісні та кількісні характеристики.

Моделювання природних процесів та явищ за допомогою географічних карт передбачає знання їх властивостей як образно-знакових моделей. *Вивчення й складання карт вимагають аналітичного підходу, поділу карт на її складові елементи, уміння розуміти зміст, значення й функції кожного елемента та бачити зв'язок між ними.*

Карта як модель дійсності, що розглядається з позицій теорії пізнання як просторова, математично визначена й генералізована образно-знакова модель, має характерні властивості.

*Гносеологічні властивості* карт такі: просторово часова подібність, змістова відповідність, абстрактність, вибірковість та синтетичність, метри-

чність, однозначність, безперервність, наочність та читаність, оглядовість та висока інформативність.

*Просторово-часова подібність* картографічного зображення й самого об'єкта проявляється в трьох аспектах: геометрична подібність форм та розмірів об'єктів картографування; часова подібність, тобто відображення на карті стану й розвитку об'єктів в момент часу, що відображений на карті; подібність відношень, зв'язків та підпорядкованості об'єктів.

*Змістова подібність* - це науково обґрунтоване відображення головних особливостей дійсності з врахуванням генезису, зовнішньої та внутрішньої структури, а також ієрархії об'єктів.

*Абстрактність* досягається генералізованістю карти, переходом від індивідуальних понять до узагальнених шляхом підбирання типових характеристик об'єктів та усунення дрібних й другорядних деталей. Карта не є точною копією об'єкта чи його фотографією, а є суб'єктивним відображенням об'єктивної реальності.

*Вибірковість та синтетичність* характеризується здатністю вичленити й роздільно представити ті фактори, процеси й аспекти об'єкта, які в реальній дійсності проявляються сумісно. З іншої сторони, карти можуть забезпечувати єдине цілісне зображення явищ й процесів, які в реальних умовах проявляються ізольовано.

*Метричність* карти забезпечується математичним законом побудови, точністю її складання й відтворення. Наявність масштабу, класифікацій, шкал та градацій дозволяє виконувати на картах різноманітні вимірювання кількісних показників й визначати якісні характеристики. Кількісні характеристики можна отримати в абсолютних одиницях, у вигляді бальних або рангових оцінок.

*Однозначність* - властивість карти як моделі мати тільки єдине значення в кожній точці в межах прийнятої системи позначень. Однозначність розглядається як просторова та знакова. Просторова однозначність проявляється в тому, що в кожній точці карти з координатами  $X$  та  $Y$  поставлено у відповідність тільки одне значення 2 параметра, що картографується. Знакова однозначність проявляється в тому, що кожний умовний знак на карті має тільки одне точно зафіксоване в легенді значення.

*Безперервність* означає, що картографічне зображення присутнє на всіх точках карти. На ній немає пустот та розривів, за винятком розривів, що передбачені деякими картографічними проекціями.

*Наочність* - це можливість зручного зорового сприйняття просторових форм, розмірів розміщення та зв'язків об'єктів. Ця властивість забезпечується продуманим відбором елементів змісту, доцільністю генералізації, ретельним вибиранням засобів зображення. Читаність карти характеризується візуальним розпізнаванням елементів та деталей картографічного зображення.

*Оглядовість* карти є здатність представляти одному погляду читача

які завгодно простори (райони, материки або в цілому планету), головні закономірності розміщення і взаємозв'язку об'єктів та основні елементи їх структури.

*Інформативність* - це число знаків, кількісних характеристик та назв, що їх розміщено на одиниці площі карти, інформація передається за допомогою знаків та їх просторових комбінацій. Інформацію на карті читач може сприймати безпосередньо та за результатами вимірювань, перетворень та логічних висновків.

Крім загальноприйнятих карт, використовують анагліфічні, рельєфні й цифрові карти, фотокарти, карти-транспаранти, карти на мікрофіші, блок-діаграми й глобуси.

*Анагліфічна карта* друкується двома кольорами, що доповнюють один одного (наприклад, синьо-зеленим та червоним). При розгляданні цих карт через спеціальні окуляри-світлофільтри спостерігають об'ємне зображення.

*Рельєфна карта* виконується для об'ємного тривимірного зображення місцевості. Вертикальний масштаб таких карт збільшений порівняно з горизонтальним в 2... 10 разів. Картографічну інформацію на таких картах показують звичайними знаками.

*Фотокарта* - це карта, що суміщена з фотографічним зображенням. Ті отримують суміщенням поліграфічних відтисків фотоплана з умовними позначеннями окремих об'єктів місцевості, горизонталями й підписами. Для складання фотокарт використовують аеро - й космічні знімки, що виконані в різних діапазонах.

*Цифрова карта* - цифрова модель об'єктів, що представлена в вигляді закодованих в числовій формі просторових координат  $X$  та  $Y$  та інших елементів змісту. Цифрові карти є результат логіко-математичних перетворень вихідної інформації про об'єкти картографування. Зміст цифрових карт складають масиви даних про об'єкти картографування, проекції, масштаби й геодезичну основу, рамку карти та оформлення, що розміщене за рамкою.

*Карта-транспарант* - карта, що віддрукована поліграфічним способом на прозорій плівці й призначена для проектування на екран. При суміщенні комплекту карт з різним але взаємоузгодженим тематичним змістом розкривається зв'язок явищ між собою.

*Карта на мікрофіші* - мініатюрна копія з карти або з іншого картографічного твору на фото - і кіноплівці або на масштабних носіях. Мікрофіші дають можливість зберігати оригінали з малими затратами та використовувати їх для картоскладання. Інформація з мікрофішей може безпосередньо вводитися в ЕОМ при автоматичному складанні та використанні карт.

*Блок-діаграма* - тривимірний картографічний рисунок, що суміщає зображення якої-небудь поверхні з повздовжніми та поперечними вертика-

льними розрізами. Вони використовуються для картографування геологічної, геоморфологічної, ландшафтної, океанологічної та іншої інформації про природне середовище.

*Глобус* - кулеподібна модель Землі, іншої планети або небесної сфери з картографічним зображенням. Глобуси бувають роз'ємними, що дозволяє демонструвати внутрішню будову земної кори.

## 6.2 Класифікація карт

Класифікація карт за різними ознаками необхідна для їх обліку, збереження, пошуку необхідної інформації, що є їх змістом, та вивчення особливостей самих карт. Вона також сприяє раціональній організації картографічного виробництва. Карти класифікують за такими ознаками: масштаб, територіальне охоплення, зміст, призначення, математична основа, епоха тощо. Карти, на яких зображена Земля або її частини, називають географічними. Зоряні - це карти зоряного неба. Існують карти інших небесних тіл.

За **масштабом** географічні карти класифікують: крупномасштабні (1:200 000 та більше), середньомасштабні (1:200 000 - 1:1 000 000) й дрібномасштабні (менше 1:1 000 000).

За **просторовим охопленням** карти класифікують, дотримуючись послідовного переходу від найбільш загальних понять до часткових. Першу рубрику класифікації складають карти всієї земної поверхні - карти світу, які часто зображують на двох півкулях. Далі розрізняють карти суші й Світового океану. Карты суші ділять на карти материків або їх груп. В середині материків карти класифікують в залежності від вибраної ознаки: політико - адміністративна, фізико-географічна або економічна.

За **політико-адміністративним** устроєм карти бувають груп держав, окремих держав, областей, штатів, кантонів, районів тощо. За фізико-географічною або економічною ознакою карти ділять на карти природних чи економічних районів, спочатку великі, а потім дрібні.

За **змістом** географічні карти класифікують на загальногеографічні та тематичні. Загальногеографічні карти відображають сукупність основних елементів місцевості, тобто показують гідрографію, рельєф, населені пункти, шляхи сполучення та інші елементи місцевості. Особливість їх змісту визначається масштабом карти. В залежності від масштабу їх ділять на топографічні, оглядно-топографічні та оглядні.

Тематичні карти, основний зміст яких визначається конкретною темою відображення, спеціально присвячені якому-небудь елементу або явищу (населені пункти, клімат, екологія, транспорт, події історії тощо). Вони поділяються на карти природних явищ та карти суспільних явищ, які, в свою чергу, групуються за більш вузькими галузями картографування.

До кожної групи тематичних карт відноситься ряд карт конкретної тематики. Наприклад, до групи геологічних карт відносяться стратиграфі-

чні, тектонічні, гідрогеологічні, інженерно-геологічні та інші.

В залежності *від прийомів дослідження* карти бувають аналітичні, синтетичні та комплексні. Аналітичні карти відображають окремі сторони або властивості явищ без відображення зв'язків та взаємодії з іншими їх сторонами або властивостями (температурою повітря, напрямком і силою вітру, опадами, крутизною схилів тощо). Синтетичні карти дають цілісну інтегральну характеристику явищ, при формуванні яких враховуються складові частини конкретного явища та існуючі між ними зв'язки (ландшафтні, кліматичного чи гідролого-кліматичного районування тощо). Комплекси і карти відображають декілька взаємопов'язаних явищ або їх елементів й причому кожне явище в своїх показниках.

За *ступенем об'єктивності й достовірності* змісту розрізняють карти спостереження, карти-висновки, карти-гіпотетичні та карти-тенденційні. Карти-спостереження містять дані, що отримані безпосередньо в результаті спостережень (опадів, забруднення атмосфери), Карти-висновки складають шляхом обробки фактичних даних та їх інтерпретації в відповідності з уявою автора про явище, що зображується (наприклад, клімат). Гіпотетичні карти складають при недостатній кількості фактичних даних на основі гіпотез та припущень (дрейфу материків). Тенденційні карти відображають явно спотворену дійсність.

В залежності від *характеру й ступеня практичної направленості* змісту розрізняють інвентаризаційні, оцінні, рекомендаційні та прогнозні карти. Інвентаризаційні карти відображають об'єкти й явища в відповідності з їх класифікацією, що враховує інтереси даної області діяльності. Оцінні карти показують необхідність або ефективність використання природних або соціально-екологічних умов й ресурсів для тих чи інших цілей.

Рекомендаційні карти показують способи й види раціонального використання природних й соціально-економічних умов та ресурсів. . Прогнозні карти показують очікуваний в майбутньому стан, розміщення й розвиток відомих але ще не виявлених об'єктів та явищ (забруднення території, радіаційний стан та інш.).

За призначенням карти бувають науково-довідкові, навчальні, морські навігаційні, лоцманські річок, озер й каналів, аеронавігаційні, кадастрові, дорожні, оперативні, проектні, пропагандистські, туристичні.

### **6.3 Географічні атласи та їх класифікація**

Географічний атлас - систематизоване зібрання карт, що виконане за загальною програмою, як єдиний цілісний твір. В атласі карти тематично поєднані між собою, взаємно узгоджені й доповнюють одна одну.

Назва "атлас" запропонована в 1595 році картографом Меркатором на честь міфічного короля Лівії Атлас, а її вперше запропонував в II столітті н.е. давньогрецький вчений Птоломей

За призначенням атласи бувають науково-довідкові, навчальні, морські, навігаційні, екологічні, воєнні, туристичні тощо.

Регіональні екологічні атласи є основою для створення бази і банків екологічної інформації та статичних моделей екологічного моніторингу регіону, області, міста.

Регіональні екологічні атласи є основою для вирішення таких задач:

- розробки й реалізації невідкладних заходів щодо стабілізації і усунення складних екологічних ситуацій, конфліктів, криз й катастроф;
- розробки довгострокових екологічних програм;
- визначення екологічно безпечних рамок діяльності та екологічних обмежень промислових зон, міських агломерацій;
- розробки систем екологічної безпеки регіону, області, району;
- визначення плати підприємств за використання природних ресурсів та забруднення довкілля.

### **Контрольні запитання**

1. Дайте визначення карти.
2. Охарактеризуйте властивості карти.
3. За якими ознаками класифікують географічні карти?
4. Наведіть класифікацію тематичних карт.
5. Дайте визначення географічних атласів.
6. Для чого призначені регіональні екологічні атласи?

## **7. ТОПОГРАФІЧНІ КАРТИ Й ПЛАНИ**

### **7.1 Характеристика й призначення топографічних карт та планів**

Географічні карти дозволяють вивчити комплекс природно-екологічних характеристик району, міста, регіону для вибору найбільш оптимального вирішення проблеми.

Топографічна карта - це зменшене узагальнене відображення земної поверхні, побудоване за обумовленими математичними закономірностями. Топографічні карти складають в рівнокутній поперечно-циліндричній проекції Гаусса, що обчислюється за елементами еліпсоїда Красовського і в Балтійській системі висот. Положення будь-якої точки фізичної поверхні Землі визначається проекцією цієї точки на поверхні земного еліпсоїда (геодезичні або прямокутні координати). Ділянки місцевості на карті відображають в зменшеному вигляді.

На топографічних картах відображається територія земної поверхні,

яка обмежена на заході і сході меридіанами, на півночі і півдні - паралелями з відомими координатами: довготою і широтою. На північній і південній опорних рамках трапеції нанесені хвилинні поділки по довготі, а на західній і східній сторонах - по широті у вигляді чорних і білих шашок, які чергуються. Кожна хвилина довготи і широти поділена точками на шість частин, відстань між якими відповідає 10". З'єднавши прямими відповідні точки на протилежних широтах і довготах трапеції, можна одержати геодезичну сітку координат у вигляді ліній паралелей і меридіанів. В кутках рамки наведені їх географічні координати.

Прямокутна система координат на топографічній карті зображена лініями кілометрової сітки. Горизонтальні лінії сітки, що паралельні проекції екватора на горизонтальну площину, - осі ординат, а вертикальні лінії, паралельні осьовому меридіану, - осі абсцис. Виходи ліній координатної сітки написані між внутрішньою та хвилинними рамками, що дозволяє визначити плоскі прямокутні координати точок.

Висотне положення точок земної поверхні відображається горизонталями, які проведені через відповідну висоту перерізу в залежності від масштабу карти і характеру рельєфу місцевості, та додатковими абсолютними позначками точок. Висота перерізу рельєфу наведена під південною зовнішньою рамкою.

Номенклатура аркуша карти вказана над північною зовнішньою рамкою. Числовий, словесний і лінійний масштаби, а також графік закладання розташовані під південною зовнішньою рамкою. Під південно-західним кутом рамки знаходиться пояснювальний підпис про схилення магнітної стрілки і середні кути зближення меридіанів.

У внутрішній рамці карти за допомогою контурних і позамасштабних умовних топографічних знаків відображено рельєф і ситуацію.

Крупномасштабні топографічні карти (1:10000....1:50000) використовують для легального вивчення місцевості, орієнтування на ній, а також для різних за призначенням точних вимірювань та розрахунків.

Середньомасштабні топографічні карти (1:100 000....1:200 000) є підґрунтям для вибору трас доріг, проведення геологічних вишукувань, для попередніх розрахунків при проектуванні відповідальних споруд.

Дрібномасштабні топографічні карти (1:500 000....1:1000 000) використовуються для вирішення задач науково-дослідного й прикладного характеру з використання ресурсів й економічного освоєння територій. Всі голографічні карти є основою для створення різних тематичних карт: екологічних, геологічних, гідрогеологічних, геоботанічних тощо.

Топографічні плани масштабу 1:5000 призначені для: розробки генеральних планів і проектів розміщення будівництва першої черги визначених, великих і середніх міст, а також для складання схем розміщення в них жилих і промислових районів, що проектуються; складання планів проектів інженерних споруд і проектів найбільш складних вузлів при розробці пла-

нування приміської зони; складання технічних проектів промислових і гірничодобувних підприємств; складання технічних проектів зрошення та осушення земель; камерального трасування автомобільних доріг в умовах складного рельєфу місцевості, на під'їздах до значних пунктів та в інших місцях із складною ситуацією; проектування трас повітряних ліній електропередач у місцях перетину та зближення їх із спорудами.

Крім того, топографічні плани масштабу 1:5000 використовують для інших цілей і вони є основою для складання топографічних і спеціалізованих планів і карт більш дрібного масштабу.

*Топографічні плани масштабу 1:2000* призначаються для:

розробки генеральних планів малих міст, селищ міського типу та сільських населених пунктів;

складання проектів детального планування та ескізів забудови, проектів планування міських промислових районів, проектів найбільш складних транспортних розв'язок у містах на стадії розробки генеральних планів:

складання виконавчих планів гірничопромислових підприємств;

складання технічного проекту і робочої документації зрошення та осушення земель;

проектування автомобільних доріг і залізниць на стадії проекту у гірських районах і робочої документації в рівнинних районах;

складання технічної документації трубопровідних, насосних і компресорних станцій, переходів через великі ріки.

*Топографічні плани масштабу 1:1000* призначаються для:

складання проекту та робочої документації забудови на незабудованій території або території з одноповерховою забудовою;

проектування вертикального розпланування;

складання проектів озеленення території та планів існуючих підземних мереж і споруд і прив'язка їх до ділянок будівництва;

складання робочої документації бетонних гребель, будівель ГЕС та камер-шлюзів;

проектування напірних трубопроводів, гідротехнічних споруд, каналізації та теплогазопостачання у населених пунктах з щільною забудовою;

розробка робочої документації при проектуванні і будівництві гірничодобувних і збагачувальних підприємств.

*Топографічні плани масштабу 1:500* призначаються для:

складання виконавчого генерального плану ділянки будівництва і робочої документації багатоповерхової капітальної забудови і густою мережею підземних комунікацій та промислових підприємств;

проектування вертикального розпланування та прив'язки будівель і споруд до ділянок будівництва на забудованих територіях міста;

складання планів підземних мереж і споруд, робочої документації напірних трубопроводів, будівель ГЕС, порталів тунелів.

Топографічні плани містять відомості про об'єкти та контури місце-

вості і рельєф. На них у залежності від масштабу умовними знаками достовірно та з необхідною мірою точності та детальності зображають:

- пункти державної геодезичної мережі та планово-висотне обґрунтування;

- будівлі, жилі та нежилі будинки із вказаними призначенням, матеріалом та поверховістю;

- промислові об'єкти, бурові та експлуатаційні свердловини, наземні трубопроводи, лінії електропередач, колодязі та мережі підземних комунікацій, об'єкти комунального господарства;

- залізниці, шосейні та ґрунтові дороги всіх видів і споруди на них: мости, тунелі, переїзди, переправи та шляхопроводи;

- гідрографію (ріки, озера, водосховища, площі розливів);

- об'єкти гідротехнічного та водного транспорту;

- канали, водоводи та водорозподільні пристрої, греблі;

- пристані, шлюзи, маяки, навігаційні знаки;

- об'єкти водопостачання (колодязі, колонки, резервуари, відстійники, природні джерела);

- рельєф місцевості з використанням горизонталей, позначок висот, бергштрихів, умовних знаків обривів, скель, осипів, балок, льодовиків;

- рослинність деревна, кущова, трав'яна, культурна: ліси, сади та луки, окремі дерева та кущі з вказанням породи;

- ґрунти та мікроформи земної поверхні; піски, гальки, такири, глинисті, щебеневі, монолітні та інші поверхні, болота, солончаки;

- границі (політико-адміністративні, землекористувачів, різні огороження).

На топографічних планах пишуть власні назви населених пунктів, вулиць, залізничних станцій, пристаней, лісів, солончаків, вершин, перевалів, долин, боліт та інших об'єктів.

## **7.2 Географічний зміст топографічних карт**

Топографічні карти відображають цілісну картину місцевості — будова земної поверхні і розташовані на ній основні природні і соціально-економічні об'єкти. Багатий зміст топографічних карт служить джерелом різносторонньої інформації про місцевість, причому об'єм інформації на одиницю площі цих карт вельми великий, тобто вони володіють великою інформаційною ємкістю, яка, проте, скорочується із зменшенням масштабу карти.

Зображення місцевості на топографічних картах, що отримується методом ортогонального проектування, є практично подібним і одномасштабним.

*Географічний зміст карт передається за допомогою умовних знаків, які вказують вид об'єкту, нерідко дають його якісні і кількісні характерис-*

тики, відображають його планові форми і розміри.

Сукупність графічних засобів зображення — форми і величини знаків, їх кольору і внутрішнього малюнка у поєднанні з картиною їх взаємного розташування, взаємозв'язків, орієнтування відносно один одного допомагають в створенні картографічних образів — *просторових образів дійсності*. Цілеспрямований аналіз виниклих в свідомості образів географічної дійсності із залученням запасу географічних знань приводить до пізнання закономірностей в розміщенні об'єктів і явищ і тим самим — до розширення об'єму первинної інформації про місцевість, дану на карті.

Об'єкти місцевості відображаються на картах за допомогою масштабних (або контурних), позамасштабних і лінійних позначень — *умовних знаків*.

**Масштабними умовними знаками** зображаються об'єкти, горизонтальні розміри яких можуть бути виражені в масштабі карти. Масштабний умовний знак показує межу розповсюдження об'єкту у вигляді лінії того або іншого малюнка і характеризує сам об'єкт за допомогою забарвлення оконтуреної площі, буквено-цифрових пояснень або шляхом рівномірної розстановки однакових значків усередині ділянки. Фігура контуру на карті подібна до відповідної фігури на місцевості, хоча деякі неістотні деталі можуть бути відсутніми.

**Позамасштабними** (або точковими) умовними знаками показують на картах об'єкти, що займають на місцевості дуже невелику площу, що не виражається в масштабі карти, положення яких фіксується на карті точкою (колодязь, окреме дерево, покажчик доріг і т.п.).

Рисунок знаку має або правильну геометричну форму (кружок, трикутник, зірочка і т. п.), або схематично, спрощено відтворює зовнішній вигляд об'єкту. Дійсне положення об'єкту на місцевості визначається однією з точок знаку, яка знаходиться: в центрі знаків геометричної форми; в середині основи у фігур неправильної форми; у вершині прямого кута у основи знаків з «підсічкою» (горизонтальною рисою.); в центрі нижньої фігури у основи, що є поєднанням декількох фігур.

**Лінійні знаки** застосовуються для зображення на картах таких предметів місцевості, які мають значну протяжність при порівняно малій ширині, що не виражається в масштабі карти (шляхи сполучення, лінії зв'язку, межі і т.п.). Лінійний знак передає розташування об'єкту на місцевості з перебільшенням його ширини (у масштабі карти), при цьому вісь знаку співпадає з положенням на місцевості осі об'єкту.

Підписами і буквено-цифровими позначеннями передаються на картах географічні назви (населених пунктів, водних і ін. об'єктів), ряд якісних і кількісних характеристик (висотні відмітки, число домов, склад деревних порід в лісі, ширина дороги і ін.) і деякі інші відомості.

Ряд умовних знаків супроводжуються скороченими підписами, які пояснюють деякі особливості зображених об'єктів. Наприклад, *маш.-*

машинобудівний завод, *піс.*- піщаний кар'єр, *мін.*- мінеральне джерело, *шк.* – школа і ін.

В залежності від конкретних особливостей об'єктів та явищ зображення, характеру їх розповсюдження, виду їх якісної й кількісної характеристики та де знаходиться ця характеристика на карті використовують такі *способи зображення: значків, локалізованих діаграм, ізоліній, якісного та кількісного фонів, ареалів, точковий, лінійних знаків, знаків руху, картодіаграм* й *картограм*.

**Спосіб значків** використовують для зображення об'єктів й явищ, що локалізовані по пунктах, за допомогою тих чи інших значків, розміри яких приймаються постійними або приймаються за прийнятою шкалою. Значки розміщуються на карті за місцем знаходження самих об'єктів. Значки бувають геометричні, буквені й наочні. Геометричні значки мають форму прямокутника, кола або іншої простої фігури. Буквені значки - це одна або декілька початкових букв назви об'єкта або явища, що зображується. Наочні значки своїм видом нагадують об'єкти та явища зображення. Вони бувають натуралістичні або символічні. Форма, внутрішній рисунок або колір значка, як правило, відображають якісні особливості об'єкта або явища, а його розмір - кількісну характеристику.

**Спосіб локалізованих діаграм** - це зображення на карті явищ, для яких характерне суцільне або лінійне розповсюдження, за допомогою графіків або діаграм, що показують явища в місцях їх вивчення. Наприклад, зображують зміну величини річкового стоку по сезонах або місяцях за допомогою стовпчастих діаграм, що показують ці зміни в місцях розміщення гідропостів.

**Спосіб ізоліній** - спосіб зображення явищ, що мають суцільне розповсюдження, за допомогою кривих ліній. Ці лінії з'єднують на карті точки з однаковими значеннями якого-небудь кількісного показника явища (ізотерми, ізогієти, ізобари тощо). Деколи використовують псевдоізолінії для характеристики явища з дискретним розповсюдженням (щільність населення, забрудненість території).

**Спосіб якісного фону** - спосіб зображення на картах якісних відмінностей якого-небудь явища в межах території зображення шляхом поділу її на частини. Кожна частина покривається за допомогою одного з площинних графічних засобів. Поділ території на частини органічно зв'язаний з явищем, що відображається. Цей спосіб використовується для зображення розміщення ґрунтів, районування на геологічних та екологічних картах.

**Спосіб кількісного фону** - спосіб зображення на карті кількісних відмінностей якого-небудь явища в межах території зображення шляхом поділу її на частини. Кожна частина покривається за допомогою одного з площинних засобів. Межі між частинами проводять за ознаками, що зв'язані з явищем відображення. На кожній частині за тими чи іншими даними пока-

зують кількісну характеристику об'єкта зображення. Цей спосіб використовують для зображення на картах модуля стоку рік, вмісту в ґрунтах хімічних елементів та забруднення території радіонуклідами.

**Спосіб ареалів** - спосіб зображення на карті області обмеженого за площею розповсюдження якого-небудь явища за допомогою відповідного площинного графічного засобу. Розрізняють абсолютні ареали, за межами яких явище відсутнє, та відносні ареали, що виділяються за переважанням явища або за його особливими властивостями.

**Точковий спосіб** - спосіб зображення на карті розосереджених об'єктів та явищ множиною точок однакового розміру. Точки позначають однакову кількість одиниць об'єкта зображення і розмішуються відповідно його місцеположення й концентрації. Перед картографуванням установлюють вагу точки й визначають, якій величині кількісного показника відповідає одна точка (наприклад, одна точка відповідає одному джерелу забруднення).

**Спосіб лінійних знаків** - спосіб зображення на карті різних лінійних об'єктів, що практично не мають ширини (границі водорозділів, тектонічних розломів тощо), ліній, ширина яких не виражається в масштабі карти (річки, дорога), та ліній витягнутих об'єктів (гірських хребтів). Для передачі кількісних та якісних характеристик використовують рисунок, колір, структуру лінійних знаків, а деколи й ширину.

**Спосіб знаків руху** - спосіб зображення на карті різних просторових переміщень. Цим способом показують лінії або смуги, по яких відбувається переміщення, напрямок, кількість, швидкість переміщення й інші дані. Як графічні засоби використовують стрілки (переміщення забруднювачів від їх джерела) різного кольору, рисунка й ширини.

**Картодіаграми** - спосіб зображення сумарної величини та її структури й динаміки якого-небудь явища в кожній одиниці територіального поділу за допомогою діаграмних фігур. Фігури виражають цю величину і їх розміщують всередині кожної такої одиниці. Причому територіальний поділ не пов'язаний прямо з явищем відображення. Наприклад, розділивши коло на сектори, можна показати процентне співвідношення між забруднювачами річки в створі промислового міста.

**Картограма** - спосіб розміщення на карті середньої інтенсивності якого-небудь явища в кожній одиниці територіального поділу за допомогою одного з площинних графічних засобів (фонове забарвлення, штрихи). Спосіб використовують для показу зміни інтенсивності даного явища в межах території зображення. Наприклад, інтенсивність фонового забарвлення відповідає процентному вмісту радіоактивних речовин в ґрунтах району, в водах річок, озер та ін.

### 7.3 Умовні знаки

Розроблена *єдина система умовних знаків*, в якій кожному знаку ві-

дповідає певний об'єкт місцевості; групам однорідних об'єктів привласнені однотипні позначення; умовні знаки різних груп об'єктів чітко розрізняються між собою; малюнок знаків нерідко має схожість з реальними контурами предметів; на картах різних масштабів зберігається спадкоємність в умовних знаках аналогічних предметів.

Групи однорідних або тісно зв'язаних один з одним об'єктів показують на карті певним кольором. Так, *водним об'єктам* привласнений *блакитний* колір, *лісам* — *зелений*, *рельєфу* земної поверхні — *коричневий*, *штучним формам рельєфу* (виїмки, насипи, відвали порід і ін.) — *чорний*. Застосування колірного оформлення підвищує наочність карт і дозволяє передати особливості місцевості з великою подробицею, не погіршуючи чіткості зображення.

Топографічні карти відображають географічні умови різних ландшафтних зон — від Заполяр'я до субтропіків, тому набір їх умовних позначень дуже широкий. На картах масштабів від 1 : 10 000 до 1 : 100 000 застосовується приблизно 750 позначень (близько 350 умовних знаків і більше 400 підписів та пояснень).

При вивченні місцевості по топографічній карті необхідно враховувати, що кожна карта дає узагальнене, генералізоване зображення, ступінь узагальнення якого залежить головним чином від масштабу карти.

Крім того, слід мати на увазі, що карти отримані шляхом зйомок місцевості в літній сезон, тому в іншу пору року ряд показників може відрізнятися від вказаних на карті (наприклад, рівень води в річках в паводок інший, чим в межень, прохідність боліт погіршується дощовою погодою восени і т. д.). Важливе значення має та обставина, що карта з часом «*старіє*», оскільки після її видання на місцевості можуть бути створені водосховища, прокладені дороги, посаджені ліси, розорані степи і так далі.

**Мережа гідрографії** (водні об'єкти) відображається на топографічних картах різносторонньо і детально, оскільки її значення дуже велике як для формування природних особливостей території, так і для народного господарства і оборони країни. На картах показують *всі* водні об'єкти:

- берегові лінії океану, моря, озера і інших водоймищ;
- річки, струмки, канали і канали;
- природні і штучні джерела (ключі, джерела, колодязі);
- гідротехнічні споруди.

Берегова лінія моря на карті відповідає найвищому рівню води під час приливу (або прибою).

Контури озер, ставків, берегова лінія річок показуються по рівню води в самий маловодний період — межень. Залежно від *ширини русла і масштабу* карти *річки зображають однією або двома лініями*.

На карти масштабу 1:100000 і більше наносять всі річки і струмки. Для річок на картах указують *ширину, напрям і швидкість течії* в межень, характер *і швидкість течії*.

У ряді місць біля берегової лінії дається *уріз води* – абсолютні висоти рівня води в річці (над рівнем моря).

*Швидкість руху* річки (у метрах в секунду) підписується в розриві стрілки, вказуючої на напрям течії.

Крім того на річках показують пороги, водопади, навігаційні і гідротехнічні споруди (дамби, шлюзи, моли і ін.), а також засоби переправи. *Шрифт власної назви* річки відображає її *суднохідність*. Канали і канали при ширині до 3 м зображаються однією тонкою лінією, а більше 3 м — однією потовщеною або двома лініями (залежно від масштабу карти).

*Озера і штучні водоймища* даються на картах в тому випадку, якщо площа їх зображення не менше 1 мм<sup>2</sup>. Менші за площею водоймища показують, якщо вони є витокami річок, або знаходяться в безводних районах, або мають лікувальне значення. *Головні колодязі*, розташовані поза населеними пунктами, наносять на карту з *вказівкою абсолютної висоти* поверхні землі, *глибини* і *наповнюваності* колодязя. Джерела зображають особливим знаком. Поряд з власними назвами всіх солоних і гірко-солоних озер, джерел поміщають в дужках відповідні скорочені підписи *сол.* або *г-сол.*

Зображення *рослинності* і ґрунтів дозволяє судити про умови видимості і прохідності місцевості, про господарське використання і в деякій мірі про господарські можливості даної території. Чіткі межі рослинного покриву і ґрунтів показують на картах чорним точковим пунктиром. Невизначені межі на ділянках взаємного проникнення окремих форм зображають розстановкою відповідних умовних знаків в суміжних угіддях.

Особливо відображаються на картах різні групи культурної рослинності: польові, городні і баштанні культури, рослинність садів і парків, лісові розплідники, посаджені ліси.

*Природна рослинність* на картах підрозділяється по основних життєвих формах рослин (деревинна, чагарникова, трав'яна і ін.). Площу, зайняту суцільною *деревною рослинністю* (лісами), покривають на карті *зеленою фарбою*, на тлі якої дають характеристику деревостою по породах верхнього заслону лісу, указують *висоту і середній діаметр стовбурів*, а також *середню відстань між деревами*.

*Просіки* шириною більше 1,5 м показують на всіх картах *переривистими лініями*:

- одною - при ширині просіки до 20 м,
- двома - при більшій ширині.

Ділянку лісу, що має на карті площу менше 4 мм<sup>2</sup>, зображають знаком окремого гаю. Особливими контурними знаками наносять рідколісся, вирубані і горілі ліси і ін.

Ділянки з суцільними площами чагарників *забарвлюють* в *ярко-зелений колір* і на його фоні *вказують породу і середню висоту* чагарників. *Рідкісні чагарники* і окремі кущі зображають *значками*.

*Луги* на картах підрозділяються на сухі та мокрі. Їх відображають контурними значками на білому фоні. Що зустрічаються на лугах порослі ча-

гарнику, рідкісного лісу, горби і тому подібне позначаються відповідними знаками.

*Болота* мають два види позначень: для труднопрохідних і непрохідних боліт і для прохідних боліт. Прохідні болота пропускають рух людей поодиноці і групами, їх поверхня має трав'яний або щільний моховий покрив. По *труднопрохідних болотах* можливе пересування тільки одиночних пішоходів; потужність торфу таких боліт більше 0,5 м, на поверхні багато мочажин, розвинений моховий покрив.

*Непрохідними* вважаються болота, поверхня яких не витримує ваги однієї людини. У декількох місцях площі болота на карті вказують глибину болота до твердого ґрунту. Рослинність і мікроформи поверхні боліт відображаються поєднанням їх знаків із знаком боліт, наприклад болота трав'янисті, мохові, грядкові, з чагарником і ін.

На ділянках, не зайнятих природною і культурною рослинністю, показують деякі види ґрунтів, скельні виходи, щебенчаті ділянки, кам'янисті розсипи, скупчення пісків і каменів. Поєднуючи різні умовні позначення, виділяють піщані, кам'янисті, глинисті і щебенчаті пустелі. Варіантами знаку пісків передають розділення пісків пустель на рівні, горбисті, комірчасті, барханні і ін.

#### 7.4 Зображення соціально-економічних об'єктів на карті

*Населені пункти* — один з найважливіших елементів змісту топографічної карти.

Населені пункти розрізняють за типом поселення, числом жителів і політико-адміністративним значенням. Ці ознаки відображаються за допомогою *шрифтів і розмірів підписів назви*, а також шляхом додавання *скорочених підписів «РС» і «СС»* (для районного центру і сільської ради). Раніше під назвою сільських поселень підписували *число будинків*. За типом поселення виділяють міста, селища міського типу (робочі, курортні), селища сільського типу і дачні та селища при промислових підприємствах і ін.

*Назви міст* підписують *прямим шрифтом* без виділення заголовної букви, селищ міського типу — *похилим шрифтом*, *сільських населених пунктів* — *прямим шрифтом з виділенням заголовної букви*.

Населені пункти на топографічних картах характеризуються вельми детально, з передачею їх конфігурації, планування, матеріалу забудови. Проте тільки при масштабах більше 1:10 000 можливе точне зображення ширини вулиць і всіх розмірів планових контурів окремих будов. На картах дрібнішого масштабу ширина проїздів декілька перебільшена, контури будов спрощені.

На картах масштабу 1:25 000 і 1:50 000 прагнуть в *містах* показати всі будови, але при великій щільності забудови проводиться відбір з метою збереження особливостей планування. При цьому забудовані ділянки

об'єднують в квартали з відображенням переважаючого матеріалу споруд: *оранжевим забарвленням* — з вогнестійких матеріалів (цеглина, камінь, залізобетон); *жовтим забарвленням* — з переважанням *дерев'яних і інших не вогнетривких* будов. Серед кварталів показують *видатні вогнестійкі будівлі* і дають їх висоту, а також наносять *промислові об'єкти, установи культури, школи, лікарні, вокзали, установи зв'язку* і так далі.

На карті масштабу 1:100 000 всі квартали зображають чорним кольором незалежно від матеріалу забудови.

**Селища сільського типу** відрізняються від міст меншими розмірами, невеликим числом жителів, менш щільною забудовою, відносно простим плануванням. У сільських населених пунктах розрізняється забудована частина і присадибні землі.

Для сільських поселень в рівнинних місцевостях найбільш характерне планування рядами, а в гірських - безсистемне. На планування поселень в сільській місцевості помітний вплив роблять:

- наявність значних транспортних шляхів (трактовий тип),
- особливості рельєфу місцевості (балочний для яру, долинний, вододільний і інші типи),
- заболоченість території, характер водоймищ (прибережний тип планування), а іноді історія розвитку.

При зображенні населених пунктів по можливості зберігають співвідношення забудованих і незабудованих площ (щільність забудови), виділяють основні вулиці і проїзди шляхом перебільшення їх ширини, квартали об'єднують, зберігаючи характер планування.

**Промислові об'єкти:** фабрики, заводи, шахти, кар'єри, нафтові і газові свердловини, нафто- і газопроводи, електростанції і лінії електропередач, водонапірні башти і так далі зображаються на картах позамасштабними умовними знаками з якісною характеристикою у вигляді підпису пояснення.

Наприклад, біля знаку заводу показують вид виробництва: мук, - *мукмельний* млин, бум.— паперова фабрика і так далі. Поряд із знаком кар'єру дають глибину кар'єру і назву корисної копалини: *піс.— пісок, вапн.— вапняк* і так далі.

Спеціалізація **сільськогосподарських підприємств** і їх тип відображаються написом пояснення під назвою населеного пункту (*зерн.— зерновий, вівч.— вівчарський* і т. д.). Особливо показують пасіки, кошари, скотомогильники.

Із **засобів зв'язку** на карти наносять радіостанції, радіо- і телемачти, лінії зв'язку, телевізійні центри, поза населеними пунктами — телефонні і радіотелефонні контори.

До **соціально-культурних об'єктів** відносяться вузи, школи, науково-дослідні установи, метеостанції, обсерваторії, лікарні, санаторії, будинки відпочинку, спортивні споруди, пам'ятники, споруди культу, кладовища,

фортеці і ін. Багато що з них показується знаком будови з відповідним написом пояснення: *шк.* - школа, *лік.* - лікарня і так далі. Чітке зображення названих об'єктів на картах необхідне також і тому, що вони добре виділяються на місцевості і можуть служити орієнтирами.

**Наземні шляхи сполучення** (залізні і автомобільні дороги) мають надзвичайно важливе значення для економіки і оборони країни.

На топографічних картах передають розташування, густину, експлуатаційний стан доріг, відображають їх пропускну спроможність, показують придорожні споруди.

*Дороги* зображають лінійним знаком, у вигляді однієї або декількох ліній різного малюнка, часто із забарвленням смуги між ними. Ширина знаку доріг завжди перебільшена, і нею відображають тип дороги, а не її дійсну ширину.

*Рейсові (залізні) дороги* підрозділяють на картах:

- по числу шляхів (одно-, двух- і багатоколіїні);
- по ширині колії (широко- і вузькоколіїні);
- по характеру тяги (електрифіковані, з дизельною і паровою тягою);
- по стану (дороги, що діють, будуються, розібрані).

*Особливими знаками* показують пов'язані з дорогами спорудження — будівлі, мости, насипи, виїмки, труби і інші транспортні об'єкти. Сюди відносяться станції, вокзали, роз'їзди, блокпости, депо, водонапірні бапти, казарми, будки, світлофори і семафори, що показуються повністю на картах масштабів 1:25 000, і 1:50 000 і з відбором — на карті масштабу 1:100 000 глибина виїмок, висота насипів даються цифровими показниками.

*Безрейсові дороги* розрізняють по їх технічній будові і покриттю.

На картах показують *автомагістралі* (автостради), *автомобільні дороги* з вдосконаленим покриттям, автодороги з покриттям (шосе), автодороги без покриття (покращені ґрунтові дороги), ґрунтові (покращені ґрунтові, польові і лісові дороги, зимові дороги, караванні шляхи і стежки в малообжитих районах).

*Всі постійні дороги* зображають на картах масштабів 1:25 000 і 1:50 000; на картах масштабу 1:100 000 покращені ґрунтові і особливо польові і лісові нерідко наносять з великим відбором. Лінії доріг на картах зазвичай узагальнюються, за винятком гірських ділянок, де проводиться деяке узагальнення звинин дороги, але із збереженням і виділенням характерних поворотів.

Про пропускну спроможність дороги та її технічні можливості в розриві умовного знаку дороги скорочено указують вид штучного покриття дороги (*А* — асфальтобетон, *Ц* — цементобетон, *Б* — булижник і т.д.), ширину проїжджої частини і кількість смуг руху, наприклад 7,5 х 2.

Для *автодоріг без покриття* указується їх ширина. Знак дороги *супроводжується* позначеннями труб для стоку води, насипів, виїмок, авто-

заправних станцій, обсаджень, кілометрових стовпів і показчиків дороги, а також засобів переправи через водні рубежі. Для ряду названих об'єктів наводиться їх кількісна характеристика: довжина, ширина, вантажопідйомність і матеріал мостів; висота насипів; глибина виїмок і ін.

На топографічних картах відображають **кордони** державні, автономних республік, країв, областей і автономних областей, національних округів з максимальною точністю переривистими лініями різного малюнка. Якщо кордон не співпадає з яким-небудь лінійним об'єктом місцевості, його викреслюють на всьому протязі.

Якщо кордон проходить уздовж річки, просіки, каналу, його показують на карті в місцях різких поворотів і окремими відрізками з того боку контуру, де він насправді проходить.

У разі збігу межі з осьовою лінією якого-небудь об'єкту (наприклад, річки) її викреслюють по черзі уздовж однієї і іншої сторони цієї лінії. На великомасштабних картах зображають також кам'яні і цегляні стіни, металеві огорожі, легкі огорожі і штучні вали. *Межі державних заповідників* даються на топографічних картах всіх масштабів.

## 7.5 Основні елементи і форми рельєфу та їх зображення на карті

Рельєф земної поверхні складений скатами (схилами) різної форми і крутизни. Нескладне поєднання скатів утворює *прості форми рельєфу*: до них відносяться **позитивні** форми, які піднімаються над навколишньою місцевістю: *гора (горб), простий хребет (увал), уступ*, та **негативні**, або увігнуті форми рельєфу: *западина, долина (лощина, балка), прогин схилу*.

**Гора** – височина, що має, як правило, куполоподібну або конічну форму. Верхня частина гори, звана *вершиною*, може мати вид куполу (куполоподібна гора) або плоского рівного плато, або ж закінчується піком. Нижня частина гори (основа) називається *підосвою*, а схили від вершини до підосви — *скатами*.

За своєю формою скат може бути рівний, опуклий, увігнутий і хвилястий.

*Рівний і увігнутий* скати є видимими з вершини височини до підосви.

*Опуклий* скат характерний наявністю перегину, який закриває частину місцевості, створюючи ділянки, що тим самим не проглядаються, при огляді ската з вершини височини.

*Хвилястим* називають такий скат, який переходить від рівного до опуклого, потім до увігнутого, знову до рівного і т. д.; він є поєднанням різних скатів. Хвилястий скат створює несприятливі умови для огляду місцевості, оскільки наявність на ньому перегинів не дозволяє проглядати весь скат. Залежно від крутизни скати поділяються на пологі (до 10°), середньої крутизни (10—20°), круті (20—30°), дуже круті (30—60°) і обривисті (вище 60°).

Гора, так само, як і менша форма рельєфу (горб), на карті зображається замкнутими горизонталями з бергштрихами, направленими назовні від них (рис 7.1).

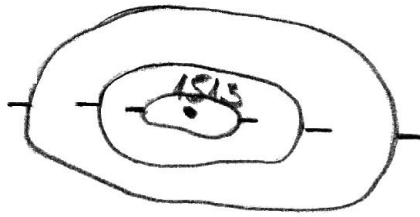


Рис. 7.1 Зображення гори горизонталями та бергштрихами

**Котловина**— добре помітне на місцевості пониження, що має форму замкнутої чашоподібної западини. Місце, звідки починається пониження, називається окраїною улоговини, а найнижча частина котловини—дном. Невелика улоговина називається *ямою*. Западина, як і гора, зображаються на карті замкнутими лініями (горизонталями), але берштрихи від горизонталей направлені всередину западини (рис 7.2).

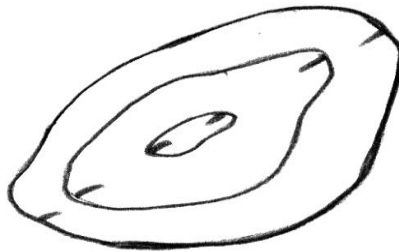


Рис. 7.2 Зображення котловини горизонталями

**Хребти** – на топографічній карті зображаються системою витягнутих V- подібних горизонталей, опуклості, яких обернені вниз по схилу (рис 7.3).

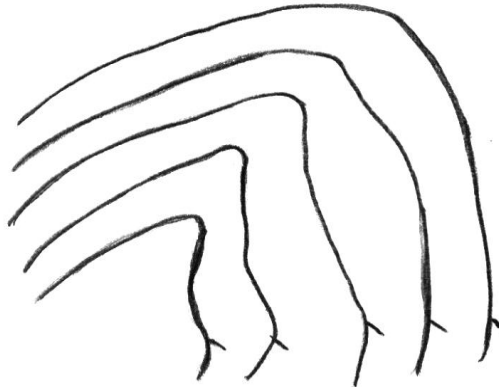


Рис. 7.3 Зображення хребта горизонталями та бергштрихами

**Лощина**—витягнуте поглиблення місцевості, що знижується в одному напрямі. Лінія, що сполучає найнижчі точки по дну лощини, називається **водозливом**. Лощини, що розташовані на рівнині або на пологіму схилі гори та мають різко обкреслені межі, від яких на дно лощини відходять круті обривисті скати, називаються **ярами**

**Долина** – (так само як і лощина, і балка) обмежена двома схилами, що прямують вниз. Це витягнута увігнута форма, що понижується в одному напрямі. По дну долини, як правило, тече постійний водотік. Долина, як і лощина, зображається на карті системою *V-подібних* горизонталей, обернених опуклістю вгору по схилу.

Розглянуті форми не зустрічаються в природі ізольовано, зазвичай вони поєднуються, переходять одна в іншу і утворюють складніші комплекси форм. Наприклад: коли в хребет або увал з протилежних сторін врізаються дві долини або лощини, утворюється прогин, званий **сідловиною**, найбільш знижена точка якої, називається **перевалом**.

Отже, зображення рельєфу горизонталями дозволяє розпізнати на карті форми і елементи рельєфу, а також отримати цілий ряд кількісних характеристик цих різноманітних форм. Для ряду форм рельєфу застосовують позамасштабні умовні знаки. Так, для показу на картах ряду форм рельєфу, що не виражаються горизонталями в масштабі карти, приміняють умовні знаки: *курганів, скель-останців, окремо лежачих каменів, обвалів, осипів з піску, каменю, щебеню, а також: ярів, карстових воронок, промоїн, крутих обривів, задернованих уступів*.

Деякі з цих знаків супроводжуються *кількісними показниками*.

Наприклад: поряд з умовним знаком дається підпис *висоти (глибини)* в метрах: обриву, насипу, виїмки, кургану, ями; а ярів і промоїн (підпис у вигляді дробу, де в чисельнику вказується ширина яру або промоїни, а в знаменнику – їх глибина, в *метрах*). Штучні форми рельєфу (*насипи, виїмки й інше*) на топографічній карті показують *знаками чорного кольору*, зображення природного рельєфу – *коричневим кольором*.

## Контрольні запитання

1. Дайте визначення топографічних карт і планів.
2. Які властивості топографічних карт зумовлюють можливість їх використання в багатьох галузях наукової і практичної діяльності?
3. Наведіть характеристику форм рельєфу.
4. Поясніть суть зображення рельєфу горизонталями.
5. Охарактеризуйте як зображуються місцеві предмети на топографічних планах і картах.
6. Які кількісні характеристики елементів місцевості одержують з допомогою топографічних карт?

## 8 РОБОТА З ТОПОГРАФІЧНОЮ КАРТОЮ НА МІСЦЕВОСТІ

### 8.1 Підготовка карти до роботи

Підготовку карти до роботи слід почати відразу ж після її отримання, щоб в подальшому вже не витратити на цей додатковий час.

Найдоцільніше готувати карту до роботи в такій послідовності:

1. Спочатку слід усвідомити отриманими листами карти і склеїти їх (карта, особливо крупного масштабу складається, як правило, з декількох листів)

2. Потім - "підняти" карту і скласти її, додавши склеюванню зручності для користування форму і розміри ("підйом"- означає: чіткіше виділити окремі місцеві предмети.)

Ознайомлення з отриманими листами проводиться для того, щоб *з'ясувати*: всі важливі характеристики даної топографічної карти, встановити збіги або відмінності в отриманих листах, які складають склеювання потрібного району.

*По-перше*, потрібно визначити *масштаб карти*, значення якого дане на кожному листі під його південною рамкою.

*По-друге*, слід усвідомити з *розмірами кілометрової сітки*, тобто визначити "ціну" сторони квадрата сітки в **см** карти та в **км** місцевості.

При цьому обов'язково необхідно пам'ятати, що сторона квадрата кілометрової сітки для карт М 1: 10000, 1: 25000, 1: 50000 складає 1 км на місцевості і відповідно 10,4 і 2 см на карті.

А для карти М 1: 100000\_сторона квадрата = 2 см,

М 1: 200000\_ 5 см, що відповідає 2 і 10 км на місцевості.

На топографічних картах М 1: 500000 і 1: 1000000 – кілометрові сітки **не наносяться**.

З'ясування масштабу\_отриманих листів і розмірів кілометрової сітки дозволить не тільки судити про точність і ступінь деталізації карти, але і визначити можливість її використання для вирішення необхідних завдань,

оскільки карти різного масштабу призначаються для використання в різних цілях.

Важливо встановити, в якому ступені карта відповідає дійсній картині місцевості: *чи не застаріла вона?*, у цьому можна переконається, прочитавши в Пд.С куту рамки *рік зйомки*. У Пд.З куту рамки вказані рік видання даного листа.

Знайомлячись з картою, що складається з декількох листів, виданих в різний час, слід встановити можливі найбільші розбіжності в умовних знаках, що найчастіше вживаються (адже за час, що пройшов від одного видання до іншого, могли бути, введені абсолютно нові умовні позначення або уточнені ті, що раніше існували).

Для правильного склеювання отриманих листів карти необхідно заздалегідь встановити їх взаємне розташування. Досить узяти один з листів і подивитися на кожній стороні його рамки номенклатуру чотири інших листів (тут під номенклатурою розуміють: систему умовних позначень окремих листів топографічних карт).

Для правильного складання схеми розташування листів треба знати номенклатурну розграфку топографічних карт різних масштабів. Т.ч., знаючи систему складання номенклатури топографічних карт, зовсім неважко розташувати всі отримані листи в певному порядку або скласти схему розграфки листів.

Потім приступають *до склеювання*, заздалегідь, в місцях склеювання обрізають східну і південну сторони листа карти по внутрішній рамці.

*При склеюванні* карти південна і східна (тобто сторони листа, що обрізають) накладаються відповідно на північну і західну частини суміжних листів. При дотриманні цього простого правила склеювання суміжних листів, під час роботи на склеєній карті олівцем або гумкою, коли проводяться звичні рухи рукою, зліва направо і зверху вниз, краї листів в місцях склеювання не задиратимуться.

Якщо потрібно склеїти багато листів, то цю операцію можна проводити послідовно або склеювати в колонки (з півночі на південь), або по рядах (із заходу на схід).

Після склеювання листів карти, доцільно зробити загальну оцінку району тієї місцевості, на якій доведеться працювати і в межах даного району “підняти ” карту.

Що означає “*підняти ” карту*?

Як відомо, на топографічних картах умовні позначення місцевості і місцевих предметів нанесені різним кольором. Ці кольорові позначення дозволяють наочніше уявити, як виглядає район, що цікавить нас, насправді.

Тому, щоб *карта була наочнішою*, і на ній виразно виділялися необхідні для роботи подробиці: *на карті*: посилюється забарвлення тих деталей, які нас більше всього цікавлять.

Як показує досвід, доцільно “*піднімати ”*:

- висоти,
- яри,
- дороги,
- мости,
- окремі гаї і інші деталі.

Підсилювати забарвлення карти рекомендується:

підтушовуванням або додатковим штрихуванням потрібних ділянок.

Наприклад:

- *річки, струмки* – “піднімаються” шляхом *потовщення* їх зображення *синім* (блакитним) кольором
- *дороги* – потовщеною коричневою лінією, безпосередньо по самій дорозі або паралельно їй.
- *населені пункти* – “піднімаються” обводивши їх по зовнішньому контуру, підкреслюючи або підписуючи їх крупнішим шрифтом.
- *Позначення нерівностей рельєфу* місцевості зазвичай підтушовуються *коричневим і світло-коричневим* кольором з темнішим тоном в тих місцях, де горизонталі густіші, а значить – місцевість вища.

Після “підйому” карти, її *складають*. Карту потрібно уміти складати так, щоб склеюванням було зручно користуватися, не розгортаючи її кожного разу повністю, а лише відкриваючи на необхідну ділянку. Коли карта складена правильно, вона і зберігається краще. Перед складанням карти потрібно спочатку визначити, в якому районі належить більше всього працювати. Листи цього району не повинні завертатися у всередину.

Карта складається смугою (розмір смуги визначається величиною теки, де карта знаходитиметься). В результаті такого складання виходить довга смуга карти. Цю смугу складають у вигляді “гармошки” за розміром теки. Розмір ланки карти, що складається в “гармошку”, визначається розмірами теки. Перегортаючи ланки “гармошки”, як книгу, завжди можна швидко розкрити потрібну ділянку карти, не розгортаючи її повністю.

Для орієнтування на робочій площі листа карти, складеної в “гармошку” корисно зробити оцифрування кілометрових ліній.

## 8.2 Топографічне орієнтування по карті

Для того, щоб правильно використовувати карту, треба знати, як орієнтувати її, тобто зв'язати з місцевістю, визначити своє місцезнаходження, як правильно користуватися картою при пересуванні на місцевості. Присутнюючи до роботи з картою, необхідно, перш за все, орієнтуватися самому в сторонах горизонту, а потім орієнтувати карту.

*Орієнтуватися на місцевості – значить:*

*по-перше*, визначити сторони горизонту, або напрям на північ-південь, схід - захід;

по-друге, визначити своє місцеположення щодо навколишніх місцевих предметів.

Орієнтування на місцевості називають *топографічним орієнтуванням*.

**Топографічне орієнтування** вимагає уміння:

- правильно вибирати і використовувати орієнтири;
- визначати на місцевості напрями на навколишні місцеві предмети;
- знаходити відстані до них.

Як орієнтири можуть бути використані будь-які місцеві предмети і деталі рельєфу, добре помітні і такі, що виділяються на місцевості.

Карту орієнтують на місцевості по сторонах горизонту.

Орієнтувати карту на місцевості, – означає встановити її в горизонтальній площині так, щоб *напряма на карті північ – південь*, відповідало цьому ж напрямку на місцевості і щоб всі лінії на карті були паралельні відповідним лініям на місцевості. Карту орієнтують спочатку приблизно, а потім, якщо необхідно, і точно. Наближене орієнтування виконується на око, а точне – за допомогою векторної лінійки або компаса. Наближене орієнтування карти буває необхідно при біглому знайомстві з місцевістю, а також для контролю свого місцеположення на місцевості.

**Визначення сторін горизонту по небесних світилах.**

За відсутності компаса сторони горизонту можна визначити по небесних світилах: вдень за Сонцем, вночі - по Полярній зірці і Місяцю.

1. *По положенню Сонця.*

При визначенні сторін горизонту за Сонцем достатньо знати, що у нас в (північній півкулі) Сонце приблизно знаходиться в

6.00 год. – на сході

12.00 год. – на півдні.

18.00 год. – на заході.

2. *За Сонцем і годинником*

За наявності годинника сторони горизонту можна визначити у будь-який час дня. Для цього необхідно встановити годинник горизонтально і повернути його так, щоб *годинникова стрілка була направлена на Сонце*.

*Кут* між годинниковою стрілкою і направленням з центру циферблату на цифру «1» розділити навпіл. Лінія, що ділить цей кут навпіл, і вказуватиме напрям на південь. Знаючи напрям на південь, легко визначити напрям на всі інші сторони горизонту і проміжні напрями між ними.

До полудня треба ділити навпіл ту дугу (кут) на циферблаті, яку годинникова стрілка повинна пройти до 13.00 год., а пополудні – ту дугу, яку вона пройшла після 13.00 год.

3. *По Полярній зірці.*

Вночі при безхмарному небі сторони горизонту можна визначити по полярній зірці, яка завжди знаходиться на півночі. Якщо встати до Полярної

зірки лицем, то попереду буде північ.

Положення Полярної зірки легко знайти по сузір'ю Великої Ведмедиці, яка має вид ковша, що складається з 7-ми яскравих зірок. Якщо провести пряму лінію, через 2 прями зірки Великої Ведмедиці і відкласти на ній 5 відрізків рівних відстані між цими зірками, то в кінці цієї прямої знаходитиметься Полярна зірка.

#### *4. По Місяцю.*

При орієнтуванні вночі приблизно можна вважати, що Місяць знаходиться:

- *при фазі I чверті* (видно права половина Місяця)
  - о 1 годині на заході
  - о 19 годині на півдні;
- *при фазі останньої чверті* (видно ліва половина Місяця)
  - о 1 годині – на сході
  - о 7 годині – на півдні;
- *при повному Місяці:*
  - о 7 годині – на заході;
  - о 19 годині – на сході.

Що стосується визначення сторони горизонту по непрямим ознаках, то в порівнянні з попередніми способами воно менш надійне.

До *характерних ознак*, що найчастіше зустрічаються, можна віднести наступні:

- *кора на деревах*, що окремо стоять, з північного боку зазвичай грубіше і темніше, а іноді і покрита мохом;
- окремі камені, скелі, дерев'яні, черепичні і шиферні дахи споруд зазвичай *покриті мохом* з північного боку;
- на деревах хвойних порід *смола виділяється* і накопичується більше з південного боку;
- трава навесні вище і густіше з південного боку окремих каменів, споруд, узлісь лісу, а влітку – при тривалій жарі залишається зеленішою з північного боку цих предметів;
- ягоди і фрукти в період *дозрівання раніше* набувають забарвлення зрілості (червоніють, жовтіють) з південного боку;
- мурашники розташовуються з південного боку пнів дерев і кущів, крім того, південна сторона мурашника пологіша, а північна – крутіша.
- навесні *сніг* на схилах ярів, лощин, виїмок, обернених до півдня, тане швидше;
- просіки в лісах, як правило, прорубують по лінії Пн – Пд, С – З.

#### ***Орієнтування карти по лініях і напрямках на місцевості.***

Якщо на місцевості є предмети, зображені на карті у вигляді відрізків, прямих ліній:

*Наприклад:* ділянки ж/д або шосейних, берега річок, каналів, просіки,

лінії зв'язку, то *орієнтування* карти виконується по лініях місцевості.

*Для цього необхідно:*

- встати на якусь точку – або місцевий предмет і повернути карти так, щоб напрям лінії цього предмету на карті співпав з напрямом місцевого предмету на місцевості. Для орієнтування потрібно використовувати візирну лінійку, а за відсутності її – олівець. При цьому слід перевірити правильність розташування умовних і зображених місцевих предметів, що знаходяться на карті по праву і ліву сторони від вибраної лінії місцевості.

Орієнтування карти по напрямках на місцевості.

Проводиться так само, як і по лініях місцевості, тільки замість лінії місцевості використовують напрям між двома місцевими предметами, зображеними на карті і пізнаними на місцевості.

**В цьому випадку:**

1. стають з картою у одного з місцевих предметів або в створі (на одній прямій лінії) цих предметів;

2. до умовних знаків цих предметів на карті прикладають візирну лінійку і повертають карту в горизонтальному положенні до тих пір, поки другий предмет не опиниться на лінії візування. Як тільки напрям карти поєднується з напрямом на місцевості, можна вважати, що карта орієнтована.

***Орієнтування карти по компасу.***

При орієнтуванні карти компас можна прикладати до будь-якої вертикальної лінії координатної сітки. Допускається прикладати компас і до бічної сторони рамки карти, але це зазвичай не робиться, оскільки при орієнтирі в полі карти ніколи повністю не розгортають і її рамки виявляються підігнутими.

Для орієнтування карти з використанням компаса необхідно знати поправку напрямку. *Поправка напрямку є кутом між напрямом магнітного меридіана і напрямом вертикальної лінії координатної сітки.*

Обчислюється за формулою  $\Pi = D - \gamma$ , де

$\Pi$  – поправка напрямку;

$D$  – магнітна схилання;

$\gamma$  – зближення меридіанів).

Поправку напрямку при роботі з картою враховують для того, щоб точніше сумістити напрям  $\Pi_n - \Pi_d$  карти з дійсним напрямом  $\Pi_n - \Pi_d$  на місцевості.

Річ у тому, що вертикальні лінії координатної сітки карти і магнітний меридіан (напрямок уздовж якого показує стрілка компаса) не співпадають з напрямом дійсних меридіанів, що сходяться у компаса в одній крапці.

$D$  – кут між дійсним і магнітним меридіанами даної точки називається ***магнітним схиланням***

Коли північний кінець магнітної стрілки відхиляється на схід від дійсного меридіана,  $D$  – називається ***східним*** і береться із знаком « + », а як-

що до заходу, то називається **західним** і береться із знаком « – ». Слід мати на увазі, що  $D$  – величина не постійна. Воно є проявом магнітних властивостей Землі, так на території СНД воно змінюється в досить широких межах. Більш того,  $D$  – навіть для однієї і тієї ж точки може бути різним, змінюючись з року в рік.

Кут між вертикальною лінією координатної сітки карти і напрямом на дійсний меридіан даної точки називають зближенням меридіанів.

Воно, як і магнітне схилення може бути і східним ( + ), коли північний кінець вертикальної лінії сітки відхиляється на схід і західним ( – ) – коли відхилення в протилежну сторону.

Дані про величину поправки і величин магнітного схилення і зближення меридіанів, що складають її, завжди поміщаються у вигляді тексту і схеми під південною стороною рамки карти.

Значення величини зближення меридіанів і  $D$  вказані в градусах.

Дані про поправку напрямку необхідні для того, щоб можна було швидко переходити від дирекційних кутів, що вимірюють по карті, до відповідних їм магнітним азимутам і назад.

При установці компаса по лінії координатної сітки враховують поправку напрямку, як сумарну величину, що включає магнітну відміну і зближення меридіанів, а при установці компаса по бічній стороні рамки карти враховують лише магнітну відміну.

### **Контрольні запитання**

1. Що означає “*підняти*” карту?
2. Як правильно склеїти карту, щоб було зручно користуватися, не розгортаючи її?
3. Що означає орієнтувати карту, щоб звірити з місцевістю?
4. Як визначити сторони горизонту по небесних світилах?
5. Як визначити сторони горизонту за Сонцем і годинником?
6. Що таке топографічне орієнтування?
7. Що означає орієнтування карти по напрямках на місцевості?

## **9 КАРТОГРАФІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРИ ДОСЛІДЖЕННЯХ В ЕКОЛОГІЧНОМУ МОНІТОРИНГУ**

### **9.1 Суть еколого-географічного аналізу і оцінювання території на основі картографічного моделювання**

Еколого-географічний аналіз і оцінювання території - це комплексне дослідження екологічного стану інтеграційної системи "суспільство - природа" з метою її оптимізації. Дослідження екосистем є географічними за об'єктом і методом, але екологічними за сутністю або предметом. Еколого-

географічний аналіз і оцінювання території базуються на системному картографічному моделюванні, під яким розуміють створення, аналіз і перетворення картографічних творів як моделей реальної дійсності з метою їх використання для одержання нових екологічних знань про геосистеми та їх складові компоненти.

Об'єкт картографічного дослідження як геосистема конкретизується у двох відношеннях. По-перше, визначення територіальної розмірності геосистем та їх ієрархій, що визначаються відповідно до цільового призначення карт. По-друге, встановлення складу і структури системи карт, їх масштабів, змісту, взаємозв'язків і співвідношень.

Поняття геосистеми як об'єкта еколого-картографічного дослідження зумовлено моделюванням цього об'єкта в системі карт, тобто системне створення карт й системне дослідження по картах. Системне створення карт - це сукупність взаємопов'язаних науково-технічних методів, принципів і алгоритмів польового й лабораторного виготовлення карт як моделей геосистеми. Системне використання карт - це сукупність взаємопов'язаних і взаємообумовлених науково-технічних методів, принципів й алгоритмів аналізу карт для пізнання зображених на них геосистем або їх частин.

Вихідною основою картографічного моделювання при екологічних дослідженнях є вчення про єдність та взаємозв'язок предметів й явищ дійсності та закономірностей їх розвитку. Процес моделювання включає такі поєднані між собою стадії: вивчення параметрів реально існуючої геосистеми та побудова на цій основі її моделі; дослідження моделі та екстраполяція одержаних результатів на його оригінал - геосистему. Основні напрями моделювання геосистем: відтворення структури, взаємозв'язків та динаміки їх розвитку. Моделювання структури геосистем пов'язане з відтворенням територіальних і галузевих аспектів структури.

Моделі вивчення взаємозв'язків геосистеми є простішими для їх складання та мають переважно пізнавальне й практичне значення.

Моделювання динаміки розвитку геосистеми має територіальний й галузевий аспекти. Для дослідження структури і зв'язків в інтегративній геосистемі, що включає просторово-часові утворення з елементів природи, населення й господарства, використовуються структурно-графічні моделі об'єкта.

Запропонована В.А. Барановським (2001 р.) структурна модель еколого-географічних досліджень характеризує їх теоретичні концепції. Вона базується на загальнонаукових і екологічних дослідженнях системи *суспільство-природа*. Дослідження такої моделі передбачає створення інформаційної бази еколого-географічних досліджень, яку одержують в процесі ведення екологічного та інших моніторингів довкілля. Інформаційна база є підґрунтям для створення системи карт, що характеризують структурно-організаційні й функціональні аспекти об'єкта та картографічний антропо-екологічний моніторинг, що необхідний для розроблення й прийняття прак-

тичних рішень.

Картографічний метод дослідження це використання карт для наукового опису, аналізу й пізнання явищ. Суть картографічного методу дослідження полягає у включенні в процес дослідження дійсності проміжного ланцюга - географічної карти як моделі явищ, що вивчаються. При цьому карта виступає в якості засобу дослідження та предмета в вигляді моделі що замінює собою реальні явища, безпосереднє вивчення яких неможливо або ускладнено.

При картографічному методі дослідження важливо не тільки використовувати карту як суму знань, які містяться в ній, але й мобілізувати її можливість розширення знань в результаті індуктивних й дедуктивних висновків.

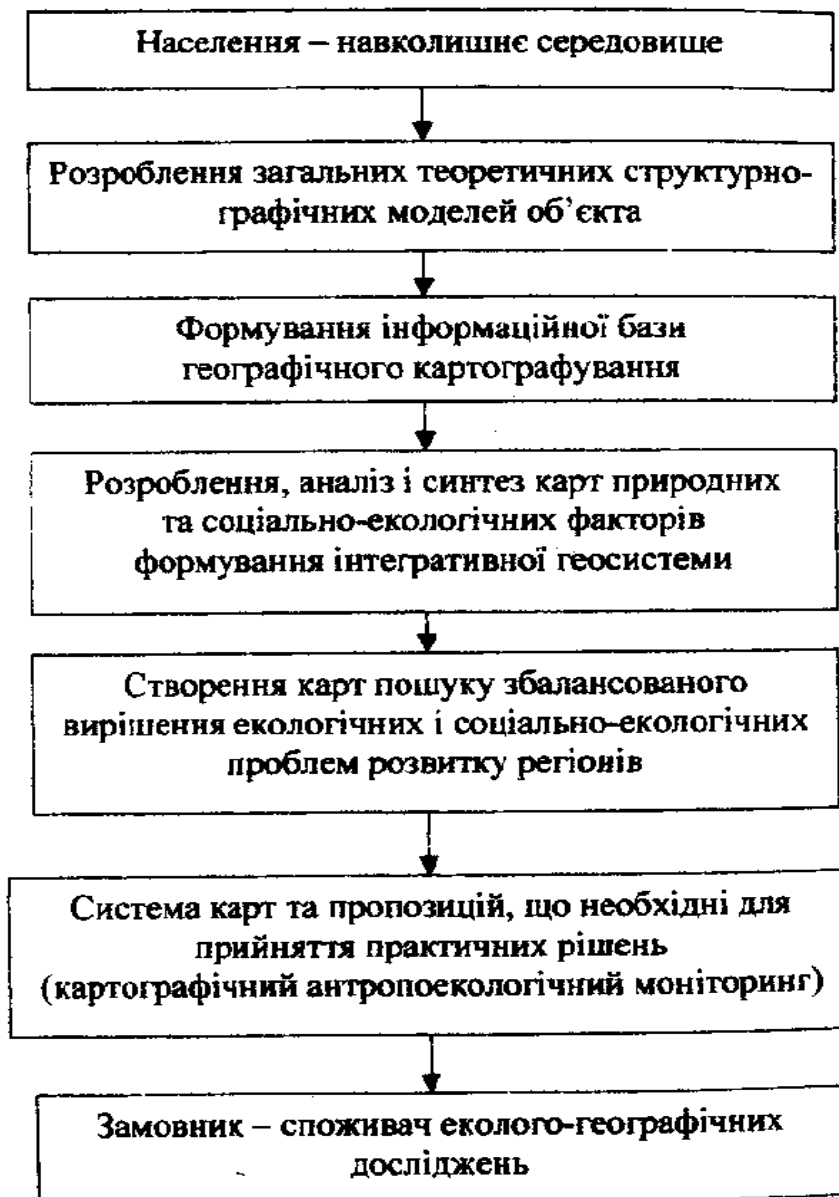


Рис. 9.1 - Структурна модель еколого-географічних досліджень

В результаті збирання матеріалів явищ й процесів, які картографуються, дослідник отримує інформацію ( $I_1$ ), що є підґрунтям для їх моделювання в вигляді карти. В результаті вивчення карти як образно-знакової моделі отримується інформація про явища й процеси ( $I_3$ ), що відображена на ній за результатами аналізу й генералізації мовою картографічних символів.

Картографічний метод пізнання дійсності містить по-перше, картографування - побудову просторової образно-знакової моделі досліджуваної частини дійсності, що фіксує накопичення в процесі дослідження знань, і, по-друге, вивчення моделі в вигляді карти з метою отримання нових знань про дійсність, що не міститься в явному вигляді у вихідній інформації ( $D_1$ ). Тобто інтерпретація карти дозволяє отримати більше інформації ( $I_2$ ), ніж та, що використовувалася при створенні карти ( $I_1$ ).

Основні способи аналізу при картографічному методі дослідження такі: *візуальний аналіз; картометричні дослідження; графічний аналіз; математичне моделювання; прийоми теорії інформації.*

*Візуальний аналіз* ґрунтується на суті карти як образно-знаковій моделі, що відтворює в наочному вигляді просторові форми, відношення й структуру. Він дає можливість аналізувати планетарні, регіональні й місцеві закономірності. Візуальний аналіз має перевагу при якісній характеристиці явищ, але не точно відтворює їх кількісну величину. Його використовують на першій стадії дослідження для загального ознайомлення з явищами, що вивчаються.

*Картометричні дослідження* полягають в вимірюваннях й обчисленні по картах кількісних характеристик явищ з оцінкою точності отриманих результатів. Картометрія дозволяє отримувати різноманітні абсолютні й відносні показники, такі як градієнти, щільність, інтенсивність, кількісна структура явищ тощо. Вибір конкретних показників і способів їх визначення залежить від задачі дослідження.

*Графічний аналіз* полягає в дослідженні різних побудов, що виконуються за допомогою географічних карт. Такими побудовами є *розрізи, перетини, блок-діаграми, рози напрямів*. Часто картометричний та графічний аналізи використовуються сумісно.

*Математично-статистичний аналіз* використовується при дослідженні явищ, які в їх картографічному зображенні можна розглядати як однорідні множини, що змінюються в просторі випадкових величин (*висота, температура, опади, викиди шкідливих речовин, забруднення ґрунтів тощо*).

*Статистичні дослідження* по картах передбачають:

- вивчення характеристик, закономірностей розміщення й часових змін однорідних явищ, що визначаються багатьма факторами з невідомою функціональною залежністю;

- вивчення просторових й часових залежностей явищ шляхом обчислення кореляційних залежностей та показників взаємного поєднання;
- оцінювання ступеня впливу окремих факторів на явище, що вивчається, та виділення провідних факторів за допомогою дисперсного й факторного аналізів або їх модифікацій.

*Математичне моделювання* базується на створенні просторових математичних моделей явищ або процесів з вихідними даними, що взяті з карти. Принципова можливість використання цього способу полягає в тому, що багато явищ й процесів, які зображуються на карті, зв'язані між собою функціональною залежністю або розглядаються як функції простору й часу. Розповсюдженим є моделювання за допомогою рівнянь поверхонь - реальних або абстрактних - з метою наступного дослідження отриманої моделі для інтерпретації й пояснення явищ. При моделюванні складних явищ, на які впливають значні множини факторів, їх поверхні замінюють апроксимівними функціями, які розкладаються на більш прості.

*Математична теорія інформації* використовується для об'єктивного оцінювання за допомогою карт просторової диференціації та взаємної відповідності явищ. Інформаційна ємність карт характеризується ентропією, що є показником неоднорідності картографічного зображення. Ентропія може обчислюватися для явищ, що характеризуються в числовій формі та якісними величинами.

При *картографічному методі дослідження* можливі різні способи використання карт: безпосередній аналіз окремих карт; аналіз поєднання карт різної тематики; співставлення карт різних років видання; порівняльне вивчення карт-аналогів; аналіз, що пов'язаний з перетворенням картографічного зображення на складові.

На точність й достовірність при картографічному методі дослідження впливають: технічна точність вимірювання; точність карт і властивість картографічного зображення; географічні особливості, що притаманні вимірюваним об'єктам. Доцільна точність дослідження явищ по картах визначається з врахуванням мети досліджень, яка обумовлює вибір карт, методику й технічні засоби обробки картографічного зображення.

Особливостями використання карт в практичній діяльності та наукових дослідженнях є вивчення за їх допомогою закономірностей розміщення явищ, взаємозв'язків і залежностей між ними та динаміки. Карты широко використовують для передбачення явищ - їх розповсюдження й стану в просторі і зміни в часі.

*Прогнозні карти* використовують для просторових, часових й просторово-часових характеристик закономірностей розміщення явищ на досліджуваних територіях, а також для інтерполяції та екстраполяції виявлених закономірностей на недостатньо вивчений простір.

## **9.2 Загальні положення проектування, складання та**

## редагування карт

*Проектування карт* - це розроблення проекту для створення або модернізації існуючої карти.

*Мета проектування* - розроблення документів й додатків до них, що необхідні для організації та виконання всіх робіт зі створення або модернізації карт й атласів і забезпечення на їх базі цілеспрямованого редагування, складання й підготовлення їх до видання.

*Задачі проектування* такі:

- підготовка спільно з замовником технічного завдання (ТЗ) до карти;
- розроблення математичної основи карти (масштабу, проекції, компоновки й формату);
- розроблення змісту карти, умовних знаків, образотворчих засобів;
- створення експериментальних зразків і авторських макетів;
- розроблення найбільш раціональної та економічної технології робіт;
- розроблення організаційних заходів зі створення карти та складанню техніко-економічного обґрунтування проекту.

Технічне завдання містить пояснювальну записку, в якій визначають назву карти, тип, територію картографування, формат, об'єм та можливі джерела вихідних матеріалів для складання. Додаються відомості про масштаб, проекції, наявність тексту та ілюстрації.

*Науково-технічне проектування карти* включає такі етапи:

- уточнення цільового призначення карти й розкриття її теми та списку карт атласу;
- розроблення математичної основи;
- виготовлення макету компоновання;
- складання списку основних картографічних та інших джерел;
- розроблення змісту карти, умовних знаків, варіантів художнього оформлення, зразків оформлення карти;
- написання програми карти;
- складання технології по окремих процесах;
- розрахунок вартості й складання графіка робіт по окремих процесах.

*Розроблення математичної основи* карти передбачає: вибирання картографічних проекцій та визначення густини картографічної сітки для створюваної карти; проектування масштабу карти; проектування формату, компоновання й розграфлення карти.

При вибиранні проекції враховують розміри й географічне положення території, призначення карти, величину лінійних, кутових й площинних спотворень та розподіл їх в різних частинах карти, вид картографічної сітки й масштаб.

*Масштаб залежить* від розмірів території, призначення карти, характеру її використання, значимості території, яка зображується, необхідного й можливого ступеня навантаження карти, можливості читати карти. *Основна*

*вимога - забезпечити точність карти, що складається.*

Формат карти визначають її масштабом, охопленням території, що картографується, особливостями проекцій, умовами користування, техніко-економічними й поліграфічними факторами.

*Проектування komponування карти* передбачає визначення положення яке зображується на карті території відносно рамок карти, розміщення назви карти, її легенди, додаткових карт, графіків й тестів та схеми розграфлення карти, тобто поділу її на аркуші.

*Густина картографічної сітки* вибирається за умови визначення координат шляхом лінійної інтерполяції а також забезпечення швидкого визначення знаходження точок земної поверхні за її координатами.

*Основні види робіт зі збирання й систематизації вихідних картографічних матеріалів такі:*

- збирання, систематизація, збереження й видача картографічних матеріалів та джерел для виробничого використання;
- анотування, рецензування карт й атласів і підготовлення картографічних та додаткових посібників, що мають значення загальноредакційних;
- збереження, облік та видача документації й матеріалів, що вивчені та відібрані, формулярів, редакційних планів, штрихових й фарбових проб, мікрофішів, дублікатів постійного зберігання, екземплярів минулорічних відбитків карт.

**При збиранні, аналізі і оцінюванні звертають увагу на:**

- достовірність й повноту показу на джерелах всіх об'єктів, що їх необхідно відобразити на карті, яка проектується;
- точність нанесення об'єктів й характер генералізації змісту картографічних матеріалів;
- якість оформлення картографічного матеріалу;
- суть та відповідність відображення об'єктів певній даті;
- відсутність в змісті картографічних матеріалів кон'юнктурних, випадкових та неперевіраних відомостей.

Для складання *тематичних карт*, на відміну від загальногеографічних, додатково використовують літературні та статистичні джерела. Наприклад, для складання карт природи використовують *матеріали польових досліджень, спеціальних знімів з геології, ґрунтів, рослинності* тощо. Для складання гідрологічних, кліматичних й екологічних карт використовують *опрацьовані результати спостережень, що отримані на стаціонарних та пересувних постах. Сільськогосподарські карти* складають з використанням *землепорядкувальних знімів, матеріалів меліоративних робіт, схем землекористувань й статистичних матеріалів*. Повнота змісту картографічного матеріалу оцінюється за наявністю об'єктів й явищ, які необхідно відобразити на карті, що проектується.

Виявлені картографічні *матеріали для складання тематичних карт* повинні бути однорідними за використаними показниками, класифікацією

*об'єктів та масштабом.* Повнота змісту картографічних матеріалів оцінюється наявними об'єктами та явищами, які необхідно зобразити на карті, що проектується. Оцінювання вихідних матеріалів для картографування необхідно виконувати за участю спеціалістів з відповідної галузі знань.

Складання карт передбачає визначення їх змісту, вибір умовних й способів картографічного зображення. Зміст карти, що проектується, визначається її призначенням, тематикою, масштабом та вимогами основних користувачів. Проектування змісту карти включає розроблення відповідно до вимог науково-технічного проекту, переліку елементів й об'єктів, їх класифікацію, а також розроблення легенди карти й вибирання образотворчих засобів. Способи картографічного зображення повинні передавати всю різноманітність території, що картографується, її стан на даний відрізок часу, кількісні й якісні характеристики, розміщення об'єктів та явищ, що картографуються, а також зв'язки між ними й динаміку їх розвитку.

При проектуванні образотворчих засобів та умовних знаків необхідно врахувати:

- традиційність зображення окремих об'єктів й елементів;
- послідовність умовних знаків за видом й формою від топографічних й дрібномасштабних загальногеографічних й тематичних карт;
- простоту, наочність зображення об'єктів змісту;
- добру розпізнаваність знаків як в межах однієї класифікаційної групи, так і між групами;
- відповідність розмірів знаків масштабу й призначенню карти;
- відповідність розмірів й форми знаків значенню об'єктів, що картографуються;
- дотримання багатоплановості зображення на карті;
- виділення головних й другорядних елементів та об'єктів, контрастне зображення головних з них;
- використання з найбільшою наочністю й повнотою образотворчих засобів, які відображують суть об'єктів та явищ, що картографуються;
- взаємна узгодженість, єдність, цілісність й гармонійність образотворчих засобів;
- врахування технічних можливостей відтворення засобів, які проектується.

**Легенда** карти є органічною частиною її й дозволяє розкрити її зміст. Легенди бувають *елементарні, комплексні, типологічні й синтетичні*. Тип легенди визначається тематикою й об'ємом змісту карти, тобто кількістю об'єктів, явищ, що відображуються, й складністю їх поняття. Елементарні легенди відображають вузьку тематику з односторонньою характеристикою окремих об'єктів карти.

Для різносторонньої характеристики використовують *комплексні легенди*, зміст яких містить декілька показників, що зображуються на картах, тобто одна загальна легенда пояснює зміст декількох вузько тематичних

карт, що взаємозв'язані за змістом. *Типологічні легенди* розробляються на базі наукових класифікацій, що забезпечують повну характеристику явищ з виділенням різних за ієрархією груп. *Синтетичні легенди* характеризують природні умови, екологічні об'єкти, що показані на картах в цілому або по групах і в яких є висновки про зв'язки між компонентами.

Дня упорядкування розміщення й об'єднання в групи багаточисельних позначень використовують такі прийоми графічної побудови легенд:

- виділення основних розділів легенди крупними заголовками;
- класифікація розграфлення легенди, що відображує таксономічний поділ різних рангів системою розділювальних ліній;
- легенди-графіки, що дозволяють характеризувати кожне позначення одночасно за двома ознаками - по вертикальній й горизонтальній осях графіка;
- розміщення позначень в послідовності класифікаційного поділу, але без об'єднання в групи;
- легенди-ключі, коли замість умовних позначень використовують системи індексів, а в легенді пояснюють індекси й прийоми їх комбінацій.

Особливе значення має узгодження легенд для серії карт або карт атласів, яке полягає в однотипності класифікації явищ, об'єктів змісту та логічній послідовності.

Авторські роботи зі створення тематичних карт виконуються в такій послідовності:

- зародження ідеї карти та розроблення загальної концепції її змісту;
- складання попередньої програми й вивчення джерел;
- попереднє розроблення легенди та вибирання показників й шкал;
- складання попередніх ескізів;
- обробка матеріалів вихідних джерел та складання допоміжних схем й графіків;
- розроблення повної легенди карти;
- складання авторського макета або оригінала.

**Редагування карт** - це розроблення редакційних документів зі складання карти й науково-технічного керівництва на всіх етапах її створення. Редагування передбачає: редакційно-підготовчі роботи, редакційне керівництво й контроль якості робіт в процесі складання, підготування до видання й видання карти; редакційно-контрольну перевірку й приймання авторських й видавничих оригіналів, штрихових та кольорових проб; редакційний аналіз виданих карт.

Редагування в процесі складання карти забезпечує:

- правильність побудови математичної й геодезичної основи карти та точність монтажу основних картографічних матеріалів;
- повноту й правильність використання картографічних матеріалів;
- отримання необхідної точності при зображенні на карті елементів й об'єктів місцевості;

- достовірність й правильність передавання на карті назв географічних об'єктів й пояснювальних підписів;
- правильність відбирання й узагальнення об'єктів і явищ, що зображені на картографічному матеріалі, наочність зображення характеру й особливостей території та правильність використання умовних знаків;
- узгодження змісту створеної карти з однотипними раніше виданими картами;
- правильність використання джерел, що заново надходять.. Завершується редагування контрольним оглядом оригінала карти, що складається.

### 9.3 Картографічне відображення інформації та її генералізація

**Картографічне відображення** - це графо-математична форма представлення інформації про Землю, небесні тіла й космічний простір образотворчими засобами на математично визначеній поверхні.

Образно-знаковий аспект полягає в виконанні комунікативних функцій, що базуються на візуальному та машинному сприйнятті переданої інформації. Математичний аспект є визначальним, оскільки він забезпечує проекцію інформації, яка відображується на математично визначену поверхню, кількісний опис об'єктів, їх точну локалізацію, Просторовий розподіл їх з характеристикою зміни за щільністю, інтенсивністю тощо.

Перехід від об'єкта до картографічного відображення розглядається як процес перетворення інформації про об'єкт в інформацію про цей об'єкт у вигляді картографічної форми. Інтервал відношення між об'єктом та його відображенням на карті дуже значний - від такого, що майже збігається за геометричною подібністю до об'єкта, до зображення його у вигляді точки. Головна вимога до картографічного відображення - просторова відповідність кількісних та якісних характеристик об'єктів й явищ, що передаються, їх дійсному розповсюдженню. При відображенні на крупномасштабних картах в першу чергу є вимога точної передачі метричних параметрів об'єкта та їх зовнішня геометрична подібність (точна передача границь, площ, протяжності об'єктів).

На дрібномасштабних картах ці вимоги в більшості випадків неможливо виконати внаслідок узагальнень, що пов'язані із зменшенням зображень. Тоді використовують абстракції, які спрощують об'єкти дослідження картографічних зображень, але одноразово сприяють більш глибокому пізнанню сторін відображуваної дійсності. Це досягається за рахунок генералізації.

**Картографічна генералізація** - це відбір та узагальнення зображених на карті об'єктів й явищ відповідно до призначення й масштабу, змісту карти й особливостей території картографування. Суть генералізації полягає в

передачі на карті основних, типових рис об'єктів та явищ, їх характерних особливостей та взаємозв'язків. Генералізація проявляється в узагальненні кількісних та якісних характеристик об'єктів й явищ, заміні індивідуальних понять збірними, що відволікають від деталей при зображенні головних рис просторового розміщення. Генералізація не тільки виключає частину інформації, але й приводить до появи якісно нової картографічної інформації. Якість генералізації визначається розумінням змісту й суті зображених об'єктів та явищ, умінням відобразити головні й типові їх особливості.

Факторами генералізації є масштаб карт, її призначення, тематика й тип, особливості об'єкта, що картографується, вивченість об'єкта, способи графічного оформлення карти. Вплив масштабу полягає в тому, що при переході від більшого зображення до меншого зменшуються розміри зображеної території. Об'єкти, що важливі на крупномасштабних картах, втрачають своє значення на дрібномасштабних картах. Зі зменшенням масштабу карти збільшується просторове охоплення.

Призначення карти впливає таким чином, що на картах показують тільки ті об'єкти, які відповідають її призначенню. Зображення інших об'єктів заважає сприйманню картографічної інформації. Тематика й тип карти визначають, які елементи необхідно показати на карті з найбільшою детальністю, а які необхідно суттєво узагальнити.

Вплив особливостей об'єкта картографування характеризується необхідністю передавати на карті особливості цього об'єкта або території, відобразити найбільш типові для них риси та елементи (наприклад, мілкі озера в пустелі). При достатній вивченості об'єкта зображення може бути максимально детальним, а при недостатній кількості фактичного матеріалу воно стане більш узагальненим та схематичним. Багатоколірне оформлення карт дозволяє показати більшу кількість значків, чим на одноколірних картах.

Відбір явищ картографування - як обмеження змісту карти необхідними явищами й об'єктами та вилучення другорядних - визначає види генералізації: узагальнення якісних та кількісних характеристик, відбір за цензом та нормою, узагальнення геометричних обрисів, об'єднання контурів та показ об'єктів шляхом їх збільшення.

Узагальнення якісних характеристик при генералізації відбувається за рахунок скорочення різних об'єктів, що завжди пов'язано з узагальненням класифікаційних ознак (наприклад, показ всіх порід в лісі одним знаком "ліс"). Узагальнення кількісних характеристик проявляється в укрупненні кількісних градацій зображуваного явища, укрупненні шкал, в переході від безперервних шкал до ступеневих, або від рівномірних до нерівномірних (наприклад, збільшення перерізу рельєфу при збільшенні крутизни схилів). При відображенні (вилученні) об'єктів, які картографуються, на карті залишають важливі та необхідні об'єкти з точки зору призначення й масштабу карти, особливостей території, що картографується.

При *відбиранні* використовують такі кількісні показники, як ценз та

норма. *Ценз відбирання* - обмежувальне значення, що вказує на величину або значення об'єктів, які зберігаються на карті при генералізації.

*Норма відбирання* - показник, що характеризує прийняту міру відбирання, середнє значення об'єктів, які зберігаються при генералізації. Норма відбирання диференційована в залежності від географічних особливостей місцевості. Узагальнення геометричних обрисів характеризується відмовою від дрібних деталей зображення, невеликих згинів контурів та в спрямленні границь. Об'єднання контурів відбувається внаслідок узагальнення якісних та кількісних характеристик й укрупнення зображення легенди та внаслідок з'єднання декількох дрібних контурів в один більш крупний. Зображення предметів з перебільшенням означає, що деякі важливі об'єкти, розміри яких малі й за цензом повинні бути вилучені, залишають на карті з дещо перебільшеними розмірами.

Якість картографічної генералізації оцінюють з точки зору геометричної точності та з позицій змістовної достовірності карти. Геометрична точність - це кількісна міра, що характеризує ступінь відповідності місцеположення окремих точок й об'єктів на карті їх дійсному положенню. В процесі генералізації можливе порушення геометричної точності деяких елементів зображення за рахунок руху при узгодженні, спрямленні обрисів, об'єднання контурів тощо.

Змістова *достовірність* карти - це якісна оцінка відповідності зображення, яке картографується, реальній дійсності з врахуванням її головних, типових особливостей й взаємозв'язків між об'єктами. Для збереження достовірності зображення при генералізації допускається зсув контурів, показ з перебільшенням деяких важливих об'єктів.

### **Контрольні запитання**

1. Поясніть суть еколого-географічного аналізу і оцінювання території на основі картографічного моделювання.
2. Охарактеризуйте картографічний метод дослідження.
3. Поясніть загальні положення проектування, складання та редагування карт.
4. Охарактеризуйте методичні основи складання еколого-географічних карт.
5. Які задачі проектування карт?
6. Що таке картографічне відображення інформації?
7. Розкрити зміст легенди карти, її види.
8. Назвати основні види робіт по збиранню й систематизації вихідних картографічних матеріалів.

## ЛИТЕРАТУРА

### ОСНОВНА

1. Баканова В. В. Геодезия. М.: Недра, 1980. 456 с.
2. Гиршберг М. А. Геодезия. 4.1. М.: Недра, 1968. 384 с.
3. Грюнберг Г.Ю., Картография с основами топографии. М.: Просвещение, 1998. 170с.
4. Дьяков Б. Н. Геодезия. Общий курс: учеб. пособие для вузов. – Новосибирск: Изд. НГУ, 1993. – 169 с.
5. Кузнецов П. Н. Геодезия. Ч. 1. М.: , 2002. с.
6. Практикум по геодезии / Под ред. Бакановой В.В. М.:Недра, 1983. 456 с.
7. Условные знаки для топопланов масштабов 1 : 5000 -1 : 500. М.: Недра, 1973. с
8. Борщ-Компониец В.И. Геодезия. Маркшейдерское дело: Учеб. для вузов. - М.: Недра, 1989. - 512 с.: ил.
9. Букринский В.А., Орлов Г.В., Самошкин Е.И. и др. Основы геодезии и маркшейдерского дела. Учеб. для иностр. студ. - М.:Недра, 1989. - 382 с.: ил.

### ДОДАТКОВА

1. Данилов В.В., Хренов Л.С., Кожевников Н.П. и др. Геодезия. Изд. 2-е, перераб. - М.: Недра, 1976. - 488 с.: ил.
2. Баканова В.В., Карклин Я.Я., Павлов Г.К. и др. Практикум по геодезии: Учеб. пособ. для вузов. Изд. 2-е, перераб. и доп. - М.: Недра, 1983. - 456 с.: ил.
3. Маслов А.В., Юнусов А.Г.6 Горохов Г.И. Геодезические работы при землеустройстве: Учебн. пособие для ВУЗов. - 2-е изд.,перераб. и доп.- М.: Недра, 1990.- 215 с.
4. Справочник геодезиста. - М.: Недра, 1985, 1975, 1966.

5. Ратушняк Г.С. Топографія з основами картографії.- Вінниця:УНІВЕРСУМ, 2002. 175с.

**Г.К. Балан, Л.В. Селезньова**

## **ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВОДНИХ СИСТЕМ**

Навчальне видання

**Балан Ганна Костянтинівна,  
Селезньова Любов Василівна**

## **Топографо-геодезичні дослідження водних систем**

Методичні вказівки  
для самостійної роботи студентів

Підп. до друку  
Умов. друк арк..

Формат  
Тираж

Папір  
Зак. №

Надруковано з готового оригінал-макета

---

Одеський державний екологічний університет  
65016, Одеса, Львівська, 15

---

