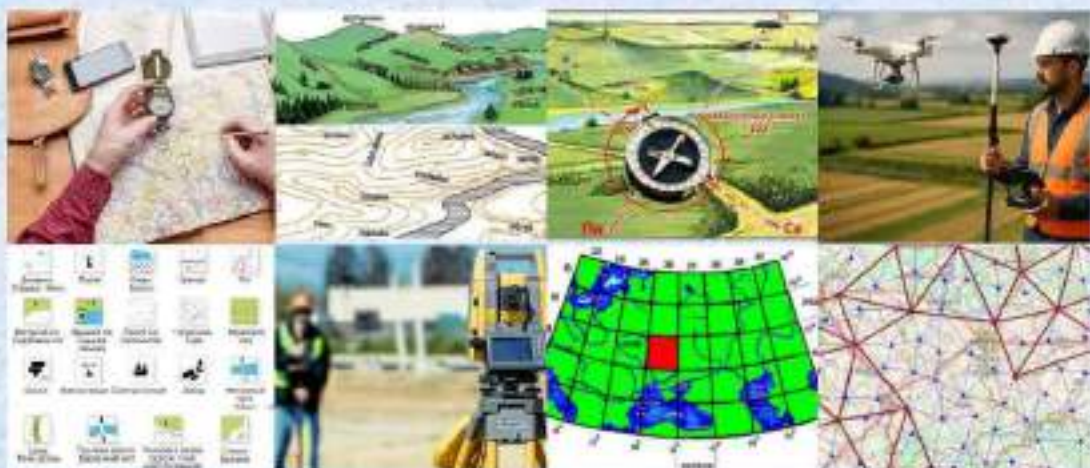




Євген ІВАНОВ,  
Петро ВОЙТКІВ

# ТОПОГРАФІЯ: ТЕОРІЯ І ПРАКТИКА

Частина 1. ЛЕКЦІЇ



ЛЬВІВ – 2025

Міністерство освіти і науки України  
Львівський національний університет  
імені Івана Франка

Євген ІВАНОВ,  
Петро ВОЙТКІВ

# **ТОПОГРАФІЯ: ТЕОРІЯ І ПРАКТИКА**

## **Частина 1. ЛЕКЦІЇ**

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

*До 25-річчя кафедри конструктивної  
географії і картографії*



Львів  
ЛНУ імені Івана Франка  
2025

УДК 528.4  
I-18

### Рецензенти:

доктор технічних наук, професор *К. Р. Третяк*  
(Національний університет «Львівська політехніка»)

доктор географічних наук, професор *І. П. Ковальчук*  
(Національний університет біоресурсів і  
природокористування України, м. Київ)

Рекомендовано до друку  
Вченою радою географічного факультету  
Львівського національного університету імені Івана Франка.  
Протокол № 7 від 17 вересня 2025 р.

### **Іванов Євген, Войтків Петро**

I-18 Топографія: теорія і практика : навчальний посібник.  
Частина 1. Лекції. Львів : ЛНУ імені Івана Франка,  
2025. 165 с.

Навчальний посібник містить тези лекцій з навчальних курсів «Топографія з основами геодезії» та «Основи топографії», теоретичні основи і порядок виконання практичних (лабораторних) робіт, задачі, описові та тестові завдання для підготовки до модулів та заліку, додатки і список рекомендованої літератури.

Посібник укладено відповідно до навчальної програми з курсів «Топографія з основами геодезії» (ОПП «Ґрунтознавство та експертна оцінка земель», спеціальності Е4 Науки про Землю) та «Основи топографії» (ОПП «Середня освіта (Географія)», спеціальності А4.07 Середня освіта (Географія)).

### **УДК 528.4**

© Іванов Є., Войтків П., 2025

© Львівський національний університет  
імені Івана Франка, 2025

# ЗМІСТ

---

	Стор.
<b>ПЕРЕДМОВА</b> .....	<b>6</b>
<b>ЛЕКЦІЇ</b> .....	<b>11</b>
<i>Лекція 1</i>	
ВСТУП. ОСНОВНІ ВІДОМОСТІ З ТОПОГРАФІЇ І ГЕОДЕЗІЇ .....	11
1.1. Предмет топографії і геодезії .....	11
1.2. Зв'язок топографії з іншими науковими напрямами .....	12
1.3. Роль топографії у розвитку господарства та забезпеченні оборони країни .....	13
1.4. Відомості з історії розвитку топографії і геодезії .	13
<i>Лекція 2</i>	
ПОНЯТТЯ ПРО ФІГУРУ Й РОЗМІРИ ЗЕМЛІ. СИСТЕМИ КООРДИНАТ І ВИСОТ .....	14
2.1. Поняття про форму і розміри Землі .....	14
2.2. Система координат в топографії і геодезії .....	17
2.3. Географічні координати .....	19
2.4. Прямокутні і полярні координати .....	21
2.5. Абсолютні і відносні висоти точок місцевості .....	23
2.6. Система плоских прямокутних координат Гауса-Крюгера .....	24
2.7. Орієнтування ліній на місцевості .....	26
<i>Лекція 3</i>	
ТОПОГРАФІЧНІ КАРТИ І ПЛАНИ .....	31
3.1. Поняття про план, карту і профіль земної поверхні .....	31
3.2. Масштаби .....	34
3.3. Розграфлення і номенклатура топографічних карт і планів .....	37

3.4. Умовні знаки для топографічних карт і планів . . .	41
3.5. Зображення рельєфу на топографічних картах і планах . . . . .	44
3.6. Побудова горизонталей за позначками точок . . .	48
3.7. Створення та оновлення карт . . . . .	48
3.8. Генералізація і точність карт . . . . .	51

*Лекція 4*

**РОБОТА З ТОПОГРАФІЧНИМИ КАРТАМИ.**

<b>ОРІЄНТУВАННЯ НА МІСЦЕВОСТІ . . . . .</b>	<b>52</b>
4.1. Аналіз і читання топографічної карти . . . . .	52
4.2. Визначення відстаней по карті . . . . .	57
4.3. Вимірювання і побудова кутів на карті . . . . .	59
4.4. Обчислення географічних і прямокутних координат . . . . .	60
4.5. Вимірювання крутизни схилів . . . . .	63
4.6. Властивості місцевості. Вивчення місцевості по карті . . . . .	64
4.7. Техніка орієнтування на місцевості . . . . .	67
4.8. Класифікація орієнтирів місцевості . . . . .	70
4.9. Орієнтування на місцевості за допомогою карти .	70
4.10. Визначення напрямків без технічних засобів орієнтування . . . . .	74

*Лекція 5*

**ОСНОВНІ ВІДОМОСТІ ПРО ГЕОДЕЗИЧНІ МЕРЕЖІ . . . .**

5.1. Головні принципи організації геодезичних робіт .	78
5.2. Геодезичні мережі, їх призначення і класифікація . . . . .	79
5.3. Державна геодезична мережа України . . . . .	81
5.4. Геодезичні мережі згущення та знімальні мережі . . . . .	84
5.5. Методи створення державної геодезичної мережі . . . . .	85
5.6. Закріплення пунктів геодезичних мереж . . . . .	87

*Лекція 6*

**ТОПОГРАФІЧНЕ ЗНІМАННЯ ДІЛЯНОК МІСЦЕВОСТІ . .**

6.1. Основні відомості про топографічне знімання .	88
--	----

6.2. Способи топографічного знімання . . . . .	89
6.3. Будова теодолітів . . . . .	95
6.4. Підготовка теодоліта до вимірювання . . . . .	101
6.5. Вимірювання горизонтальних і вертикальних кутів . . . . .	103
6.6. Обчислення координат точок теодолітних ходів . . . . .	109
6.7. Лінійні вимірювання . . . . .	112
6.8. Теодолітне (горизонтальне) знімання . . . . .	116
6.9. Тахеометричне знімання . . . . .	117
6.10. Мензольне знімання . . . . .	119
<i>Лекція 7</i>	
ВИСОТНЕ ЗНІМАННЯ ДІЛЯНОК МІСЦЕВОСТІ . . . . .	121
7.1. Основні відомості про нівелювання . . . . .	121
7.2. Будова нівелірів . . . . .	124
7.3. Геометричне нівелювання . . . . .	126
7.4. Складання профілю місцевості . . . . .	129
7.5. Барометричне нівелювання . . . . .	130
<i>Лекція 8</i>	
СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ТОПОГРАФІЇ . . . . .	132
8.1. Фотограмметрія . . . . .	132
8.2. Аерофототопографічне знімання . . . . .	133
8.3. Безпілотні літальні апарати та безпілотні судна . . . . .	135
8.4. Супутникові навігаційні системи . . . . .	137
8.5. Космічні технології RTK GNSS . . . . .	138
8.6. Дистанційне зондування Землі . . . . .	139
8.7. Лідари . . . . .	140
8.8. Геоінформаційні системи у топографії . . . . .	141
8.9. Мобільні рішення для топографічних робіт . . . . .	142
8.10. Геопортали і геосервіси для потреб топографії . . . . .	142
8.11. Новітні цифрові технології у військовій справі . . . . .	143
<b>СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ . . . . .</b>	<b>145</b>
<b>ДОДАТКИ . . . . .</b>	<b>150</b>

# ПЕРЕДМОВА

---

Навчальні дисципліни «Основи топографії» та «Топографія з основами геодезії» є нормативними навчальними дисциплінами для спеціальностей А4.07 Середня освіта (Географія) та Е4 Науки про Землю, які викладається у другому семестрі в обсязі 3,0 кредити (за ECTS).

Курси розроблено з метою ознайомлення студентів з основами топографії та геодезії, поняттям про фігуру й розміри Землі, системами координат і висот, топографічними картами і планами, роботою з цими картами, орієнтуванням на місцевості, основними відомостями про геодезичні мережі, видами топографічних зніманих ділянок місцевості та сучасними методами й технологіями у топографії і геодезії.

При цьому студенти отримують теоретичні та практичні знання про топографічну карту як метод зображення земної поверхні на площині, що відзначається високим ступенем повноти змісту, достовірністю й точністю. В ній передбачено викладання основ топографо-геодезичних методів знімання місцевості та складання топографічних творів. «Основи топографії» і «Топографія з основами геодезії» є основними дисциплінами, які дають фундаментальні знання про топографічну карту як методі зображення земної поверхні на площині, що відзначається високим ступенем повноти змісту, достовірністю і точністю.

*Метою* дисциплін є отримання студентами базових знань з теорії розроблення та удосконалення методів створення топографічних карт, способів зображення на них земної поверхні, способів та правил використання карт у вирішенні наукових задач, формування практичних навичок.

*Основними завданнями* вивчення дисциплін є:

- ознайомлення студентів із сутністю та теоретичними основами створення топографічних карт і планів;

- застосування методичного інструментарію використання топографічних карт і планів для вирішення наукових та прикладних завдань;
- формування навичок роботи з приладами для створення топографічних карт і планів;
- вміння застосовувати системний підхід при вивченні основних теоретичних положень топографії та основ геодезії;
- вирішення професійних задач із організації та виконання геодезичних і топографічних робіт по створенню державних і спеціальних геодезичних мереж;
- проведення топографічного знімання місцевості з використанням сучасних наземних й аерокосмічних методів;
- організація землевпорядних робіт, а також топографо-геодезичних вимірювань для вишукування, проектування та експлуатації інженерних споруд, громадських, промислових та сільськогосподарських комплексів;
- проведення географічних, геоекологічних, геокадастрових та інших науково-прикладних досліджень і робіт.

Після вивчення цих курсів студенти повинні *знати*:

- теоретичні основи складання топографічних планів і карт;
- спеціальну геодезичну і топографічну термінологію;
- умовні знаки предметів та контурів, основні форми рельєфу місцевості;
- масштаби та номенклатуру карт та планів;
- зміст і структуру інформації картографічних творів;
- системи координат, способи визначення довжин та орієнтирних кутів ліній місцевості, способи розв'язання задач на картах і планах;
- принципи організації геодезичних робіт в Україні, методи створення державних мереж, мереж згущення й знімальних мереж;
- будову і принцип вимірювання геодезичними приладами;
- складати цілісне уявлення про сучасний стан топографічних досліджень, методи і технології.

*вміти:*

- застосовувати отримані теоретичні і практичні знання з топографії у навчальному процесі;
- розпізнавати умовні знаки предметів та контурів, читати рельєф місцевості;
- визначати масштаб, номенклатуру карт і планів, географічні і прямокутні координати точок, довжини та орієнтирні кути ліній місцевості, висоти точок, будувати на карті лінії заданим ухилом, профіль місцевості, визначати водозбірні площі, обчислювати площі ділянок;
- орієнтуватися за допомогою топографічних карт і планів та інших допоміжних засобів на місцевості;
- володіти навиками роботи з теодолітами, нівелірами та іншими геодезичними приладами; вимірювати горизонтальні та вертикальні кути, довжину лінії мірною стрічкою, рулеткою та нитковим віддалеміром;
- вимірювати перевищення геометричним, тригонометричним і барометричним нівелюванням;
- розраховувати та оформляти результати планового, висотного і планово-висотного знімання;
- складати абриси теодолітного і тахеометричного знімання, картографічні карти, плани і профілі.

*Загальні компетентності:*

K03. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

K04. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

K08. Здатність вчитися й оволодівати сучасними знаннями.

*Фахові компетентності:*

K14. Здатність застосовувати базові знання фізики, хімії, біології, екології, математики, інформаційних технологій тощо при вивченні Землі та її геосфер.

K15. Здатність здійснювати збір, реєстрацію та аналіз даних за допомогою відповідних методів і технологічних засобів у польових і лабораторних умовах.

K16. Здатність застосовувати кількісні методи при дослідженні геосфер.

*Програмні результати навчання:*

ПР01. Збирати, обробляти та аналізувати інформацію в області наук про Землю.

ПР04. Використовувати інформаційні технології, картографічні та геоінформаційні моделі в області наук про Землю.

ПР05. Вміти проводити польові та лабораторні дослідження.

ПР07. Застосовувати моделі, методи і дані фізики, хімії, біології, екології, математики, інформаційних технологій тощо при вивченні природних процесів формування і розвитку геосфер.

ПР09. Вміти виконувати дослідження геосфер за допомогою кількісних методів аналізу.

ПР11. Впорядковувати і узагальнювати матеріали польових та лабораторних досліджень.

Для вивчення дисциплін студенти потребують базових знань з математики, геометрії, фізики, географії і природознавства для сприйняття категоріального апарату топографії, розуміння джерел наочної, математичної, статистичної та аналітичної інформації, уміння використання та виконання топографо-картографічних творів геодезичного спрямування, уміння використання топографо-геодезичних вимірювань для різних навчальних та наукових досліджень.

Використано такі методи навчання:

*Лекції з презентаціями* із інформативним методом та пояснювально-ілюстративним методом.

*Практичні роботи* є виконанням індивідуальних завдань, дискусією під час обговорення проблемних питань, методів аналізу й синтезу, стимулювання інтересу до навчання.

*Самостійна робота* є поглибленим етапом вивчення курсу, виконання практичних робіт і підготовкою до модульного письмового опитування.

## ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### **Змістовний модуль 1. Топографічна карта.**

- Тема 1. Вступ. Основні відомості з топографії і геодезії.
- Тема 2. Поняття про фігуру й розміри Землі. Системи координат і висот.
- Тема 3. Топографічні карти і плани.
- Тема 4. Робота з топографічними картами. Орієнтування на місцевості.

### **Змістовний модуль 2. Топографічне знімання ділянок місцевості.**

- Тема 5. Основні відомості про геодезичні мережі.
- Тема 6. Топографічне знімання ділянок місцевості.
- Тема 7. Висотне знімання ділянок місцевості.
- Тема 8. Сучасні методи і технології у топографії і геодезії.

З силабусами можна ознайомитися на сторінці географічного факультету:

- для навчальної дисципліни «Основи топографії» (A4.07 Середня освіта (Географія)). URL: <https://geography.lnu.edu.ua/academics/bachelor/education-geography/>;
- для навчальної дисципліни «Топографія з основами геодезії» (E4 Науки про Землю). URL: <https://geography.lnu.edu.ua/academics/bachelor/earth-science-geography/>.

Зауваження та побажання щодо навчального посібника прошу надсилати за адресою: Україна, 79 000, м. Львів, вул. Дорошенка, 41, кімн. 66, Львівський національний університет імені Івана Франка, географічний факультет, кафедра конструктивної географії і картографії, E-mail: [yevhen.ivanov@lnu.edu.ua](mailto:yevhen.ivanov@lnu.edu.ua); [petro.voytkiv@lnu.edu.ua](mailto:petro.voytkiv@lnu.edu.ua).



# ЛЕКЦІЇ

---

Студенти-географи повинні мати знання про фігуру та розміри Землі, існуючі системи координат і висот та вміння використовувати топографічну карту, яка є головним джерелом вивчення географічних територій та об'єктів. Важливим елементом підготовки фахівців є знання про геодезичні мережі та вміння проводити топографічне знімання ділянок місцевості.

## Лекція 1

### ВСТУП. ОСНОВНІ ВІДОМОСТІ З ТОПОГРАФІЇ І ГЕОДЕЗІЇ

#### 1.1. Предмет топографії і геодезії

**Топографія** є науково-технічною дисципліною, яка займається вивченням земної поверхні у геометричному відношенні, дослідженням й розробленням способів зображення цієї поверхні та площині у вигляді топографічних карт й планів. Простіше, топографія є наукою, що вивчає земну поверхню з метою створення топографічних карт. Слово «топографія» має грецьке походження і складається з двох частин: слів «*топос*» – місцевість і «*графо*» – писати, тобто у прямому перекладі означає: «*описувати місцевість*».

**Метою топографії** є створення й аналіз *топографічних карт* – детальних зображень місцевості (ділянок земної поверхні) на площині. Карті, плани, профілі необхідні при проектуванні меж земельних ділянок, будівництві інженерних споруд, земельному кадастрі, для вдалого ведення військових дій тощо.

**Завдання топографії:**

1) вимірювання довжин ліній, кутів на земній поверхні та обчислення їх результатів;

2) графічна побудова та оформлення топографічних карт і планів;

3) використання результатів вимірювань і графічних побудов з метою вирішення завдань промисловості, будівництва, сільського господарства, наукових досліджень.

Топографія є розділом геодезії.

**Геодезія** є наукою, що вивчає форму, розміри та особливості гравітаційного поля Землі, розробляє методи створення координатної і планової основи для вивчення земної поверхні з метою відображення і нанесення геоданих.

## **1.2. Зв'язок топографії з іншими науковими напрямками**

Топографія розвивається у тісному зв'язку як із природознавчими, так і суспільними науками. Вона тісно пов'язана з *картографією* – наукою про відображення і дослідження явищ природи і суспільства засобами картографічних зображень.

Тісні зв'язки у топографії з *географією*, *геологією*, *геофізикою*, *геоморфологією*, *грунтознавством*, *геоботанікою*, *метеорологією* та іншими галузями науки, дані яких сприяють глибшому розумінню властивостей земної поверхні, точному відображенню їх на картах.

Досягнення авіаційної і фотографічної техніки дали змогу розвинути у топографії такі напрями, як *аерофотознімання* і *наземна фототопографія*. Використання фотознімків визначило зв'язок топографії з *фотограмметрією*, яка здійснює вимірювання об'єктів земної поверхні та визначення їх координат за допомогою фотознімків.

Освоєння космосу призвело до розвитку *супутникової геодезії*, яка вивчає фігуру і розміри Землі за допомогою космічних станцій і штучних супутників. Отримання інформації про земну поверхню за космознімками сприяє розвитку *космічної топографії* і *дистанційного зондування Землі*.

Методи вирішення наукових і практичних завдань топографії і геодезії ґрунтуються, головню, на законах *математики* і *фізики*. В останні роки активно розвиваються *геоінформаційні технології*.

### **1.3. Роль топографії у розвитку господарства та забезпеченні оборони країни**

Значення топографії і геодезії для науки і практики важко переоцінити. Топографічні карти дають змогу вивчати земну поверхню з точки зору умов для життєдіяльності людини, ступені освоєння певних територій і можливостей подальшого розвитку природно-господарських систем.

Топографічні карти є основою для відображення результатів наукових досліджень і практичної діяльності в географії, геології та інших науках про Землю. Вони потрібні у процесі розвідування та експлуатації природних ресурсів, при плануванні і розміщенні виробничих сил країни, проектуванні інженерних споруд, веденні кадастру земельних угідь чи моніторингу природного середовища, під час розроблення та здійснення стратегічних, тактичних, військово-інженерних та інших завдань.

Геодезичні вимірювання використовують під час вишукування (розвідування), проектування і будівництва підприємств, гідротехнічних і меліоративних споруд, залізниць, автошляхів тощо. Обсяг топографічних і геодезичних робіт щороку зростає у зв'язку із необхідністю забезпечення оборони країни.

Основні топографо-геодезичні роботи зібрано у Головному управлінні геодезії, картографії і кадастру України (Укргеодезкартографія). У цій системі функціонують топографо-геодезичні підприємства і картографічні фабрики, інститути інженерно-геодезичних пошукувань. Всі матеріали зібрано у Центральному картографічному фонді. Будь-яку діяльність із використанням картографічних основ (масштаб понад 1 : 50 000) контролює Служба безпеки України.

### **1.4. Відомості з історії розвитку топографії і геодезії**

Топографія і геодезія виникли ще у глибокій давнині. Ще 4 тис. р. до Р. Х. в Єгипті побудовано іригаційні споруди із застосуванням точних геодезичних вимірювань, а 3 тис. р.

до Р. Х. китайці відкрили властивість магнітної пластини вказувати сторони горизонту. Для навчання мистецтву геодезичних робіт єгиптяни за 1700 р. до Р. Х. склали посібник практичної геодезії.

У V ст. до Р. Х. Піфагор висловив гіпотезу, що Земля має форму кулі (сфери), а у IV ст. до Р. Х. Аристотель довів, що форма планети близька до форми кулі (має стиснення до полюсів, еліпсоїд обертання). У III ст. до Р. Х. Ератосфен визначив радіус Землі. У I–II ст. до Р. Х. Клавдій Птоломей розробив перші відомі картографічні проєкції.

На розвиток топографії і геодезії суттєво вплинули великі географічні відкриття XV–XVII ст. У 1614 р. голландський вчений В. Скелліц запропонував спосіб триангуляції, що скоротив трудомісткі лінійні вимірювання. У 1609 р. Галілей винайшов зорову трубу, яка є однією з основних частин більшості геодезичних приладів, що використовують у топографічному зніманні.

Певного розвитку досягли топографічні роботи в Київській Русі. Ще у 1068 р. князь Гліб проміряв по льоду Керченську протоку. У 1627 р. складено «Креслюнок українським й черкаським містам від Москви до Криму». У 1648 р. Г. де Боплан видав генеральну карту України. Загалом, розвиток сучасної топографії в Україні своїм корінням сягає XVII–XVIII ст.

## **Лекція 2**

### **ПОНЯТТЯ ПРО ФІГУРУ Й РОЗМІРИ ЗЕМЛІ. СИСТЕМИ КООРДИНАТ І ВИСОТ**

#### **2.1. Поняття про форму і розміри Землі**

Питання форми та розмірів Землі цікавило людство ще з часів глибокої давнини. На його вирішення витрачено не одне століття. Істина досягалася поступово, у протистоянні із різними, у тім числі й релігійними, забобонами. Сьогодні вже ніхто не сумнівається, що Земля за власною формою

схожа до **сфери (кулі)**. Розуміння того, що Земля – сфера, окремі вчені мали ще 2,5 тис. р. тому. Так, Піфагор (VI ст. до Р. Х.) вважав, що Земля має форму сфери, яка вільно та нерухомо висить у центрі Всесвіту (геоцентрична модель).

Лише в XVII–XVIII ст., коли для вивчення розмірів Землі почали застосовувати *точні методи вимірювання (триангуляцію)*, встановлено, що планета не є ідеальною кулею, оскільки полярний та екваторіальний радіуси відрізняються за власною довжиною на понад 21 км. Це дало змогу зробити висновок про сплюснення Землі по осі її обертання і підтвердило зроблене Ісааком Ньютоном теоретичне обґрунтування цього явища, який пояснив роль гравітації та відцентрової сили у формуванні фігури Землі, так званого **двовісного еліпсоїда обертання (сфероїда)** (рис. 1.1).

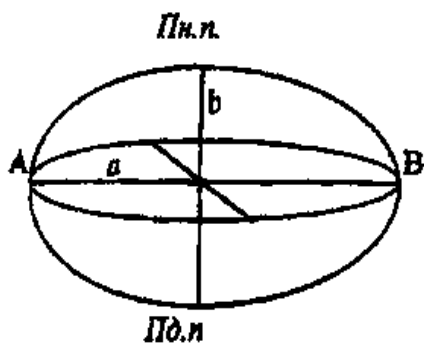


Рис. 1.1. Еліпсоїд обертання.

Пізніше результатами вимірювання величин дуг меридіанів та паралелей, виконаних у різних країнах, встановлено, що Земля стиснена не лише на полюсах, але і по екватору: найбільший і найменший екваторіальні радіуси відрізняються за довжиною на 213 м. Ця форма Землі нагадує **тривісний еліпсоїд обертання**.

Уявлення про Землю як про еліпсоїд (сфероїд) у принципі вірні, але насправді поверхня Землі складніша. Найбільш близькою до сучасної фігури Землі є фігура, яка має назву «**геоїд**», що у перекладі означає «**землеподібний**».

**Геоїд** (від грецьк. «гео» – Земля і «еїдос» – вигляд) – форма Землі, утворена рівневою поверхнею, що збігається з поверхнею Світового океану у стані цілковитого спокою і рівноваги й продовженою під материками (рис. 1.2). Термін запропонував у 1873 р. німецький математик Йоганн Лістінг. Максимальні відхилення поверхні еліпсоїда від геоїда не перевищують 150 м (рис. 1.3).

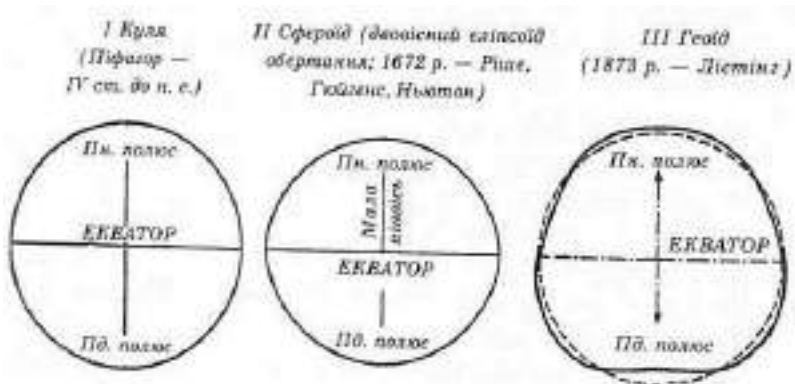


Рис. 1.2. Форми Землі.

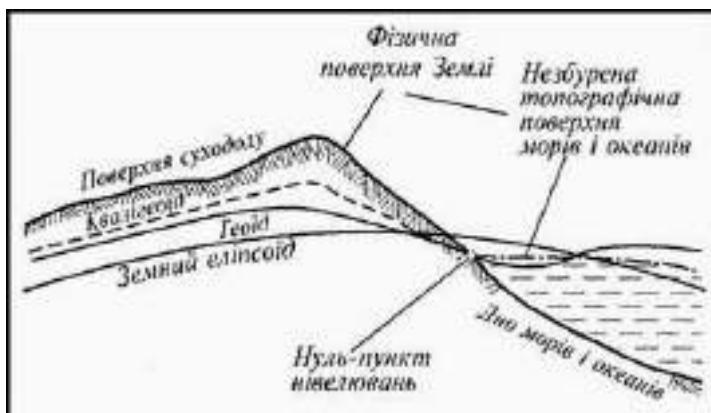


Рис. 1.3. Співвідношення поверхонь фізичної поверхня Землі, еліпсоїда обертання і геоїда.

Перші обчислення розмірів Землі здійснив грецький вчений Ератосфен, а його результат – 6 275 км. Форма та розміри Землі математично обґрунтовано геодезистом Олександром Ізотвим у 1940 р., а змодельована ним фігура, на честь відомого геодезиста Феодосія Красовського названа **еліпсоїдом Красовського**. На сьогодні параметри цього еліпсоїда підтверджені сучасними методами досліджень із залученням даних штучних супутників Землі, і складають:

- екваторіальний радіус – 6 378,254 км;
- полярний радіус – 6 356,863 км;
- полярне стиснення – 1/298,25.

Для України поверхнею геоїда вважають рівневу поверхню, що проходить через нульову позначку Кронштадтського футштока на Балтійському морі. *Кронштадтський футшток* – рейка (пристрій) для вимірювання висоти рівня Балтійського моря, встановлений в основі Синього моста через Обвідний канал у Кронштадті.

Положення рівня води у різних океанах і морях різна, тому існують різні системи відліку (в Європі від рівня Середземного моря, у Східній Азії від рівня Тихого океану).

## 2.2. Система координат в топографії і геодезії

Положення точок на земній поверхні та на поверхні еліпсоїда визначаються їх координатами у тій чи іншій системі.

**Координатами** називають величини, що визначають положення будь-якої точки на поверхні або у просторі відносно прийнятої системи координат. Для визначення місцеположення точок і напрямів використовують характерні лінії і площини на поверхні еліпсоїда обертання (рис. 1.4).

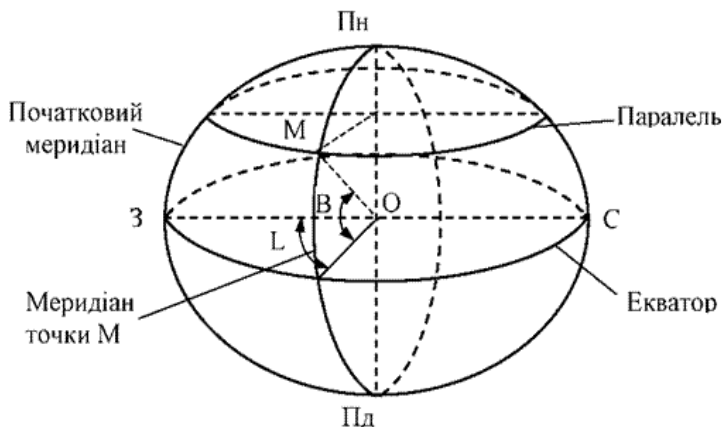


Рис. 1.4. Основні лінії і площини еліпсоїда обертання. Географічні координати точки М.

*Площина екватора* – площина, що перпендикулярна до осі обертання еліпсоїда і проходить через його центр.

*Екватор* – лінія перетину еліпсоїда площиною, що проходить через центр еліпсоїда і перпендикулярна до його осі обертання, тобто до полярної площини.

*Паралелі* – лінії перетину поверхні еліпсоїда площинами, що паралельні площині екватора. Вони являють собою кола.

*Меридіани* – лінії перетину еліпсоїда меридіальною площиною. Меридіани – еліпси, які власним обертанням навколо малої осі утворюють еліпсоїд.

У визначенні абсолютних висот важливим є визначення нормалі до поверхні еліпсоїда і прямовисної лінії.

*Нормаль до поверхні еліпсоїда* у певній точці є пряма, що перпендикулярна до площини, яка дотична до еліпсоїда в цій точці. Нормаль до поверхні еліпсоїда завжди лежить у меридіональній площині, що проходить через цю точку. Для точок північної половини еліпсоїда паралелі перетинають вісь на північ від центра еліпсоїда, а для точок південної половини – на південь від центра. Довжина паралелі визначається відрізком нормалі від поверхні еліпсоїда до його малої осі. Нормальними площинами називають всі площини, що проходять через нормаль (рис. 1.5).

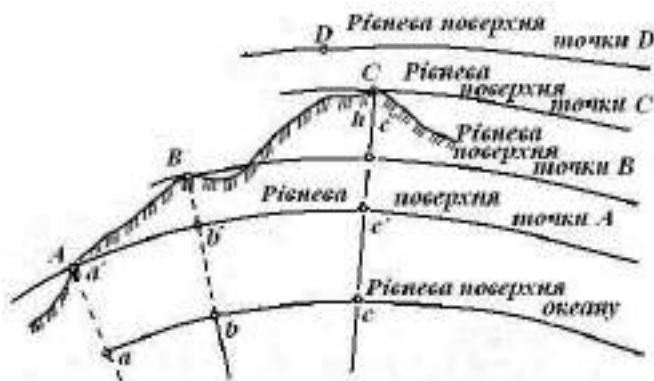


Рис. 1.5. Рівневі поверхні.



Рис. 1.6. Відхилення  
прямовисної лінії.

*Нормальний переріз* – це є лінії перетину нормальних площин з поверхнею еліпсоїда.

*Прямовисна лінія* – напрямок вектору сили тяжіння в даній точці. Прямовисна лінія перпендикулярна дотичній до поверхні геоїда у даній точці (рис. 1.6).

### 2.3. Географічні координати

Систему географічних координат запропонував у II ст. до Р. Х. грецький астроном Гіпарх. За координатні поверхні, на яких визначають планове положення точок Землі, приймають поверхні земного еліпсоїда обертання або геоїда. Координатними площинами у системі координат є площини екватора і меридіана, що прийнятий за початковий (нульовий). За довгу історію геодезії нульових меридіанів відомо чимало (понад 30; наприклад: Паризький, Пулковський, Ферро). У 1884 р. за початковий прийнято *Гринвіцький меридіан (Лондон)*. У цій системі положення будь-якої точки визначається географічними широтою і довготою. Залежно від методу визначення широти і довготи географічні координати поділяють на геодезичні та астрономічні.

*Геодезичними координатами* називають широту і довготу точок на поверхні земного еліпсоїда, що обчислені за даними геодезичних вимірювань.

*Геодезичною широтою точки* називають кут  $B$ , що утворений нормаллю до поверхні еліпсоїда у цій точці з площиною екватора (рис. 1.7б). Широти обчислюють в обидві сторони від екватора. Вони приймають значення від 0 до  $90^\circ$ .

Широти точок, що розміщені на північ від екватора, називають північними, а на південь від екватора – південними.

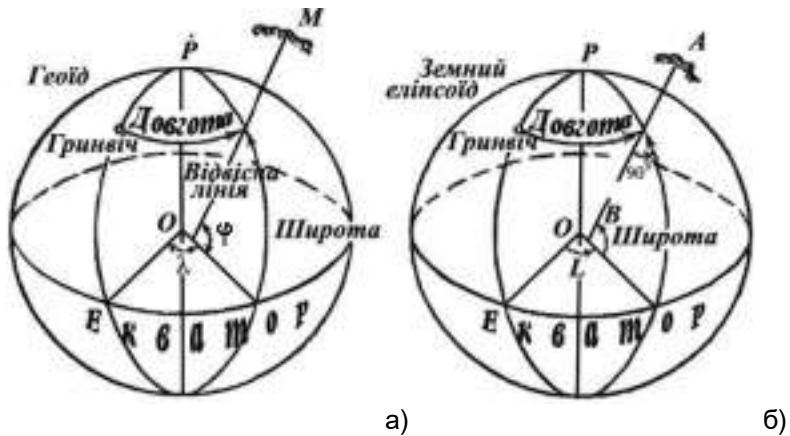


Рис. 1.7. Географічна система координат: а) астрономічні координати; б) геодезичні координати.

Геодезичною довготою точки називають кут  $L$ , що утворений площиною геодезичного меридіана даної точки і площиною початкового меридіана. Довготи обчислюють від початкового меридіана на схід і захід й, відповідно називають східними і західними. Їх вимірюють у градусній мірі від 0 до  $180^\circ$ .

**Астрономічними координатами** називають широту і довготу точок поверхні геоїда, які визначаються астрономічним методом, тобто за результатами спостережень небесних світил. Астрономічні координати точки відрізняються від її геодезичних координат.

Астрономічною широтою точки називають кут  $\phi$ , що утворений напрямком прямокутної лінії, яка проходить через цю точку, з площиною земного екватора.

Астрономічною довготою точки називають кут  $\lambda$ , що утворений площиною істинного меридіана, яка проходить через дану точку, і площиною, що проходить через початковий (нульовий) меридіан.

Обчислення астрономічних широт і довгот проводять так само, як і геодезичних. Приклади їх визначення подано на рис. 1.8.

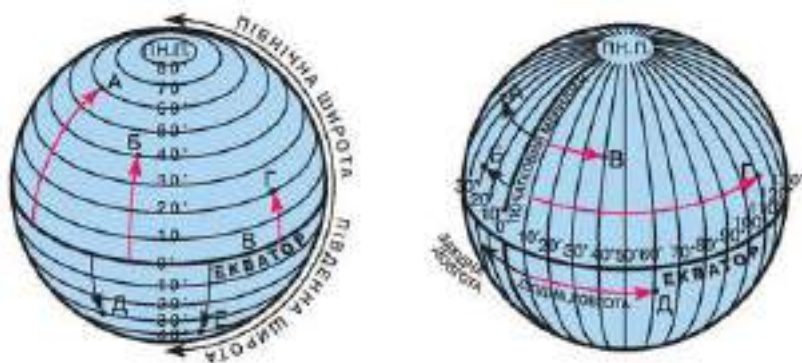


Рис. 1.8. Визначення географічної широти і довготи.

## 2.4. Прямокутні і полярні координати

Прямокутні координати використовують при зображенні обмеженої частини поверхні земного еліпсоїда на площині, коли розміри ділянки при виконанні геодезичних робіт дозволяють знехтувати сферичністю Землі.

**Плоскі прямокутні координати** – це система координат, що складається з двох взаємно перпендикулярних прямих: осі абсцис  $X$  та осі ординат  $Y$ , які ділять площину на чверті. У цій системі площина збігається з площиною горизонту в точці  $O$ , що є початком цих координат (рис. 1.9).

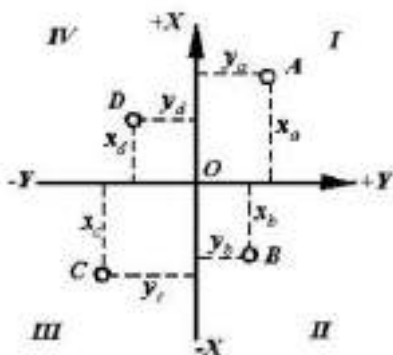


Рис. 1.9. Плоскі прямокутні координати.

Вісь  $X$  співпадає з напрямком меридіана, що проходить через початок координат, або з напрямком який паралельний цьому меридіану.

У прямокутній системі координат ділянка місцевості в точці  $O$  ділиться на чотири чверті, які відраховують за ходом годинникової стрілки. Напрямки осей від початку координат позначають

чають на північ і схід знаком «+», а на південь і захід знаком «-». Положення точки визначається абсцисою  $X$  та ординатою  $Y$ , тобто відрізками відповідної осі від початку координат до основи перпендикуляра, що опущений з точки на вісь.

**Просторові прямокутні координати** – система просторових (тривимірних) прямокутних координат, яка утворена трьома осями з початком у центрі еліпсоїда обертання.

**Полярні координати** – система координат на площині, сфері або еліпсоїді обертання, що складається з точки  $O$ , яку називають полюсом, початку координат та полярної осі (рис. 1.10).

Ця система координат є двовимірною системою координат, в якій кожна точка на площині визначається двома числами – кутом та відстанню (рис. 1.11). Полярна система координат корисна у випадках, коли відношення між точками найпростіше зобразити у вигляді відстаней та кутів.

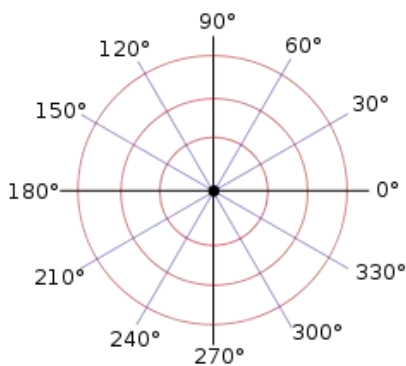


Рис. 1.10. Полярні координати.

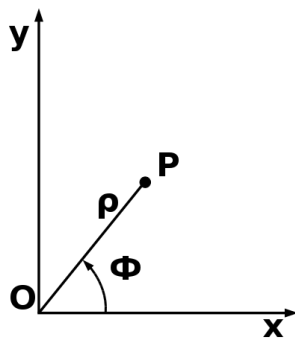


Рис. 1.11. Розміщення точки в полярній системі координат.

Полярна система координат задається променем, який називають *нульовим* або *полярною віссю*. Точка, з якої виходить цей промінь називається *початком координат* або *полюсом*. Будь-яка інша точка на площині визначається двома полярними координатами: радіальною та кутовою. Радіальні координати відповідають відстані від точки до

початку координат. Кутова координата, що зветься *полярним кутом* або азимутом і позначається  $\varphi$ , дорівнює куту, на який потрібно повернути проти годинникової стрілки полярну вісь для того, щоб потрапити в цю точку.

## 2.5. Абсолютні і відносні висоти точок місцевості

Для визначення положення точок фізичної поверхні Землі не досить знати лише дві координати на поверхні (наприклад,  $X$  і  $Y$ ). Потрібна третя координата – висота точки  $H$ .

**Висотою точки земної поверхні** називається відстань по прямовисній лінії (нормалі) між рівневою поверхнею точки і рівневою поверхнею, прийнятою за початкову. Числове значення висоти точки називають *позначкою висоти*. Висоту точки, яку обчислюють від основної рівневої поверхні, називають *абсолютною висотою* ( $H_A$ ), а визначену відносно довільної рівневої поверхні – *умовною висотою* ( $H'_A$ ) (рис. 1.12).

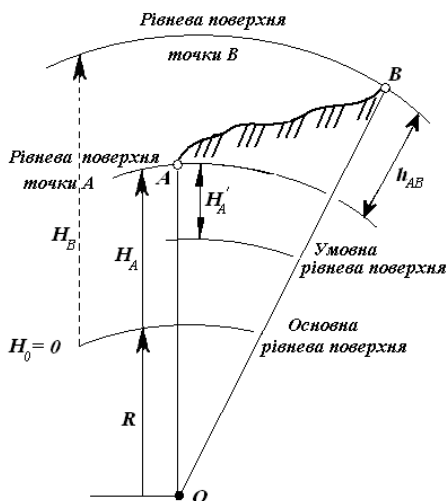


Рис. 1.12. Схема визначення висот точок.

Різницю висоти між двома точками (або відстань за прямовисним напрямком між рівневи-ми поверхнями, що проходять через дві будь-які точки на Землі) називають *відносною висотою* (*перевищенням*) цих точок:

$$H_{AB} = H_B - H_A.$$

В Україні за основну рівневу поверхню приймають рівень води у Фінській затоці Балтійського моря. Висоти точок вважають додатними,

якщо точки місцевості розміщені вище рівневої поверхні, якщо нижче – від'ємними.

## 2.6. Система плоских прямокутних координат Гауса-Крюгера

Система географічних координат має бути розповсюджена як єдина координатна система на поверхню земного еліпсоїда. Для зображення на плоскому аркуші паперу земної поверхні використовують метод прямокутних (ортогональних) проєкцій.

Земну сферу неможливо розгорнути в площину. Тому для зображення значних ділянок земної поверхні на площині використовують спеціальні проєкції, що дозволяють перенести точки поверхні Землі на площину за відповідними математичними законами.

В Україні прийнята *рівнокутна поперечно-циліндрична проєкція* сферичної поверхні на площині і відповідна до неї система координат Гауса-Крюгера (рис. 1.13).

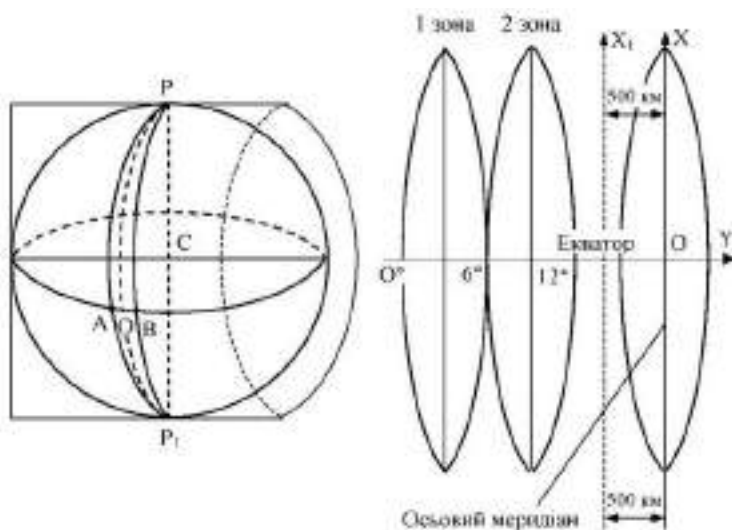


Рис. 1.13. Схема побудови поперечно-циліндричних проєкцій та системи координат Гауса-Крюгера.

З метою збереження на аркуші карти практично одного масштабу й подібності зображення на ньому деталей місцевості земний еліпсоїд за допомогою меридіанів ділять на 60 шестиградусних зон (додатки А, Б). Рахунок зон ведуть на схід від Гринвіцького меридіана. Середній меридіан зони називають осьовим (рис. 1.14).

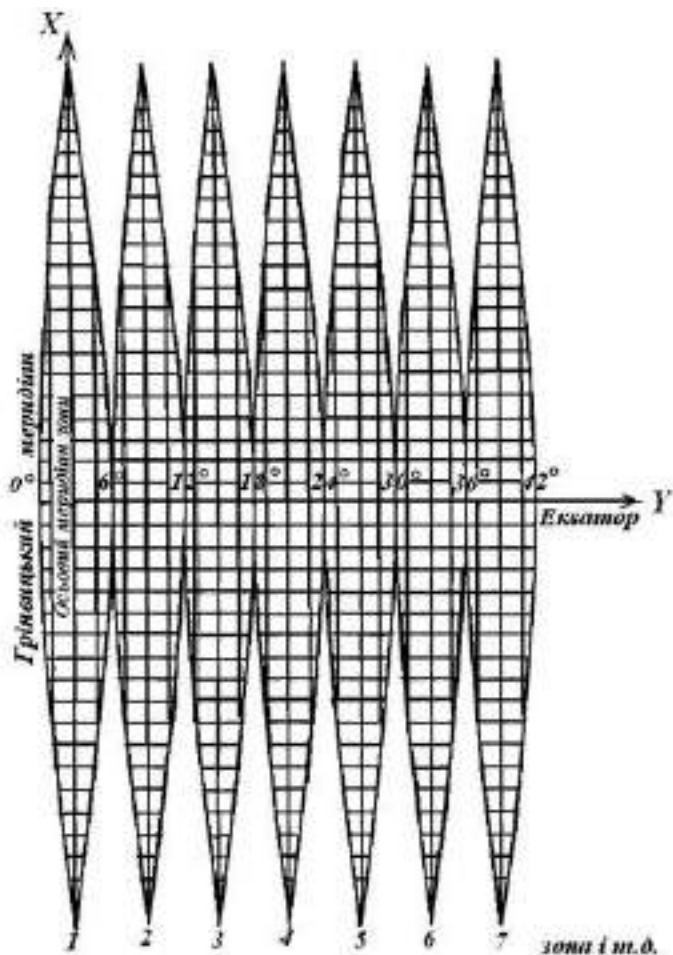


Рис. 1.14. Зональна система плоских прямокутних координат проекції Гауса-Крюгера.

Для полегшення користування прямокутними координатами в кожній зоні розбивають кілометрову сітку.

## 2.7. Орієнтування ліній на місцевості

**Орієнтування напрямку** є визначенням його положення на місцевості або кресленні відносно іншого напрямку, що прийнятий за початковий. При орієнтуванні за сторонами світу за початковий напрям приймають меридіан. Меридіан, що проходить через дану точку місцевості, одним напрямом вказує на північний, а іншим – на південний полюс.

Розрізняють *географічні (істинні), магнітні та осьові меридіани*. На карті напрямом осьового меридіану зони вказують вертикальні лінії кілометрової сітки, а напрямом географічного меридіану – вертикальні лінії внутрішньої рамки.

Для орієнтування напрямів використовують *дирекційні кути, румби та азимуту*. У топографії орієнтування ліній здійснюють відносно меридіанів.

**Дирекційним кутом ( $\alpha$ )** називається кут, який вимірюють від північного напрямку осьового меридіану зони Гауса-Крюгера або від вертикальних ліній сітки до напрямку на даний предмет за ходом годинникової стрілки в межах від 0 до 360° (рис. 1.15).

Дирекційні кути вимірюють на карті від вертикальних ліній кілометрової сітки. Використання вертикальних ліній сітки дає можливість виміряти кути за допомогою транспортира. Оскільки напрям осьового меридіану для зони один, то дирекційний кут прямої лінії однаковий у різних її точках.

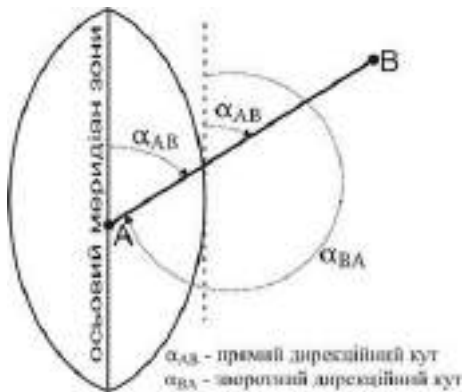


Рис. 1.15. Дирекційний кут.

Дирекційний кут  $\alpha_{AB}$  лінії  $AB$  називають *прямим*, а дирекційний кут  $\alpha_{BA}$  для тієї ж лінії  $AB$  – *зворотним*. Прямі і зворотні дирекційні кути відрізняються між собою на  $\pm 180^\circ$ .

На карті чи плані дирекційний кут відраховується від північного напрямку осьового меридіану або лінії до нього паралельної, за допомогою транспортиру (рис. 1.16). Для визначення дирекційного кута напрямку 1–2 з'єднаємо точки прямою лінією. В точці 1 проводимо лінію паралельну вертикальній лінії координатної сітки, прикладаємо нуль транспортира в точку 1 і сумістивши його нульовий діаметр з вертикальною лінією сітки, відраховуємо  $\alpha_{12}$ . Зворотний дирекційний кут  $\alpha_{21}$  визначаємо в точці 2.

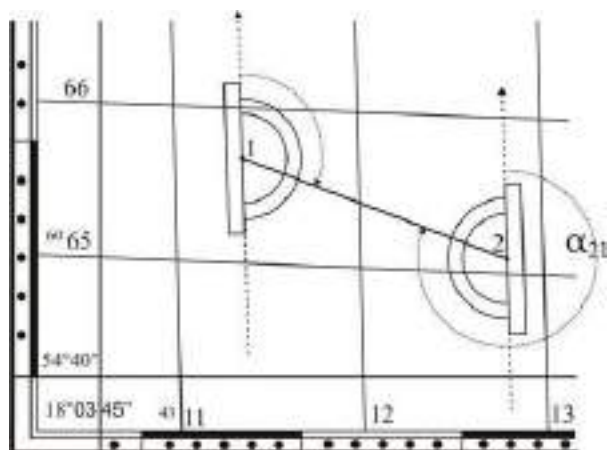


Рис. 1.16. Вимірювання дирекційного кута на карті транспортиром.

**Румбом ( $r$ )** називають гострий кут, що відраховують від *ближнього північного або південного напрямку* осьового меридіану або лінії, паралельної йому до заданого напрямку. Румби змінюються в межах від  $0$  до  $90^\circ$  (рис. 1.17). Для однозначного визначення напрямку румбу він супроводжується назвою чверті у якій знаходиться: *I чверть* – північний схід «ПнСх», *II чверть* – південний схід «ПдСх», *III чверть* – південний захід «ПдЗх», *IV чверть* – північний

захід «ПНЗх». Тобто значення румба подається у такому вигляді: вказують градусну величину румба, після якої пишуть назву чверті, наприклад  $r_1 = 55^{\circ}45' \text{ ПНСх}$ .

Зв'язок між дирекційними кутами і румбами залежно від чверті такий (рис. 1.18):

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

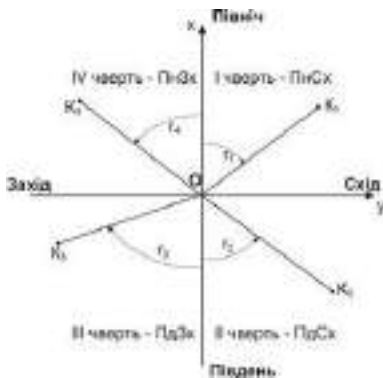


Рис. 1.17. Румби.

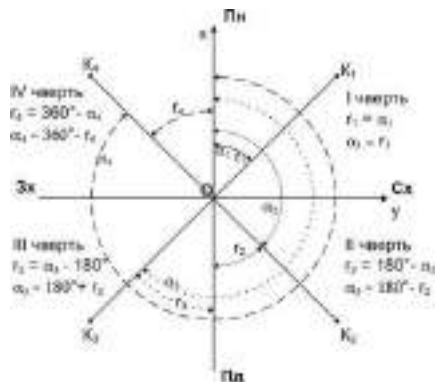


Рис. 1.18. Залежність між румбами і дирекційними кутами.

**Географічним (істинним, дійсним) азимутом ( $A_i$ )** ліній місцевості у даній точці називають кут, що відрахований за ходом стрілки годинника від північного *напрямку істинного меридіана*, який проходить через дану точку, до напрямку з цієї точки на предмет (рис. 1.19). За абсолютним значенням азимуту змінюються від 0 до  $360^{\circ}$ . Меридіани між собою не паралельні, тому азимут ліній, в кожній її точці має різне значення.

**Магнітним азимутом ( $A_m$ )** називають кут, що відрахований за ходом годинникової стрілки від північного *напрямку магнітного меридіана* до напрямку на даний предмет в межах від 0 до  $360^{\circ}$ . Магнітні азимуті напрямів вимірюються на місцевості за допомогою приладів, що мають магнітну

стрілку (компаси, бусолі). На карті магнітні азимути можна обчислити за зміряним істинним азимутом  $A_i$  і величиною магнітного схилення, що вказане на полях карти.

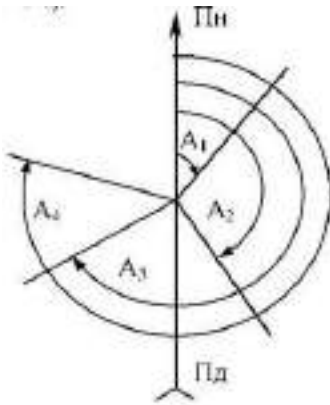


Рис. 1.19. Азимути ліній.

Істинний азимут можна виміряти безпосередньо на карті. Для цього транспортир суміщають з північним напрямком карти (паралельно вертикальній лінії внутрішньої рамки) і за рухом годинникової стрілки відраховують горизонтальний кут (рис. 1.20).

Оскільки меридіани на земній кулі не паралельні між собою, то дирекційні кути та істинні азимути відрізняються між собою на кут зближення меридіанів ( $\gamma$ , гамма) (рис. 1.21).

Залежно від розташування відносно осевого меридіану кут зближення меридіанів може бути східним або західним. Зв'язок між дирекційними кутами та істинними азимутами має вираз:

$$A_i = \alpha \pm \gamma$$

Знак «+» використовують коли зближення меридіанів східне; знак «-» – коли зближення меридіанів західне.

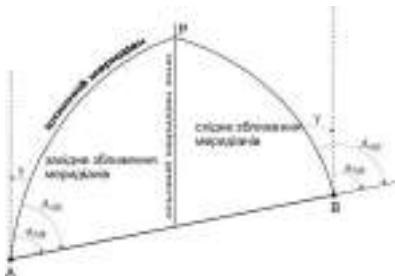


Рис. 1.20. Схема визначення орієнтирних кутів напрямку.



Рис. 1.21. Зближення меридіанів.

Географічні меридіани проходять від північного до південного географічного полюсу. Магнітні меридіани проходять від північного до південного магнітного полюсу. Оскільки географічні і магнітні полюси Землі знаходяться у різних точках планети, то географічний і магнітний меридіани в кожній точці земної поверхні не співпадають, а перетинаються під **кутом схилення магнітної стрілки ( $\delta$ , дельта)** (рис. 1.22).

Зв'язок між магнітними й істинними азимутами має вираз:

$$A_m = A_i \pm \delta$$

Знак «-» використовують за східного схилення магнітної стрілки; знак «+» – за західного схилення магнітної стрілки.

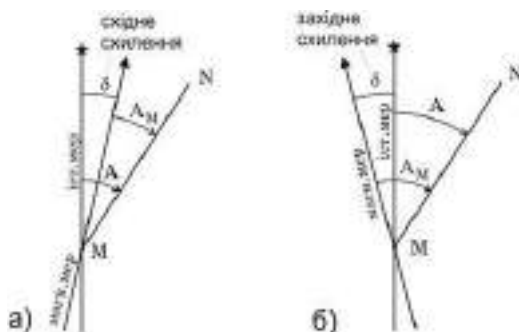


Рис. 1.22. Схилення магнітної стрілки: а) східне; б) західне.

Середні значення зближення меридіанів і схилення магнітної стрілки, на зображену на карті територію, наводяться на топографічних картах у вигляді спеціальних написів, що подаються внизу кожного листа карти, ліворуч за рамкою карти (рис. 1.23). Оскільки величина схилення магнітної стрілки може змінюватись протягом доби на величину до  $15'$ , то також зазначають дату на яку наводиться схилення магнітної стрілки та величину річної зміни схилення магнітної стрілки.

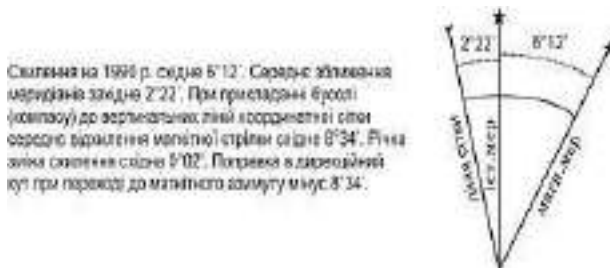


Рис. 1.23. Напис на карті про величини схилення і зближення.

## Лекція 3

### ТОПОГРАФІЧНІ КАРТИ І ПЛАНИ

#### 3.1. Поняття про план, карту і профіль земної поверхні

**Топографічним планом** називають зменшене і подібне зображення на площині в ортогональній (горизонтальній) проекції у великому масштабі ділянки місцевості, в межах якої *кривизна рівневої поверхні не враховується*. Іноді плани складають без відображення рельєфу. Такі плани називаються *ситуаційними* або *контурними* (рис. 1.24).

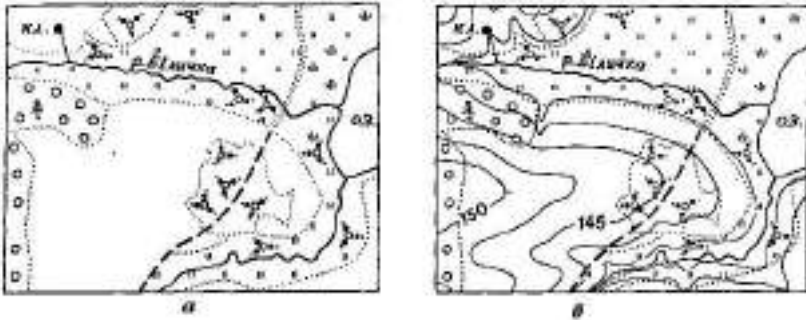


Рис. 1.24. Ситуаційний (а) і топографічний (б) плани.

Топографічні плани застосовують, головню, для будівельного проектування. На такому плані відображено весь комплекс наземних і підземних об'єктів. Залежно від розмірів і призначення будівництва його робочий проект складають у масштабі  $1 : 500 - 1 : 1\,000$ , а на окремі об'єкти залежно від їх складності – в масштабі  $1 : 200$  і крупнішому.

**Топографічною картою** називають побудоване у картографічній проекції, зменшене, узагальнене зображення значних ділянок поверхні Землі (рис. 1.25). При зображенні земної поверхні на карті виникають спотворення довжин ліній, площ і кутів. Топографічні карти служать основою для складання інших тематичних карт.

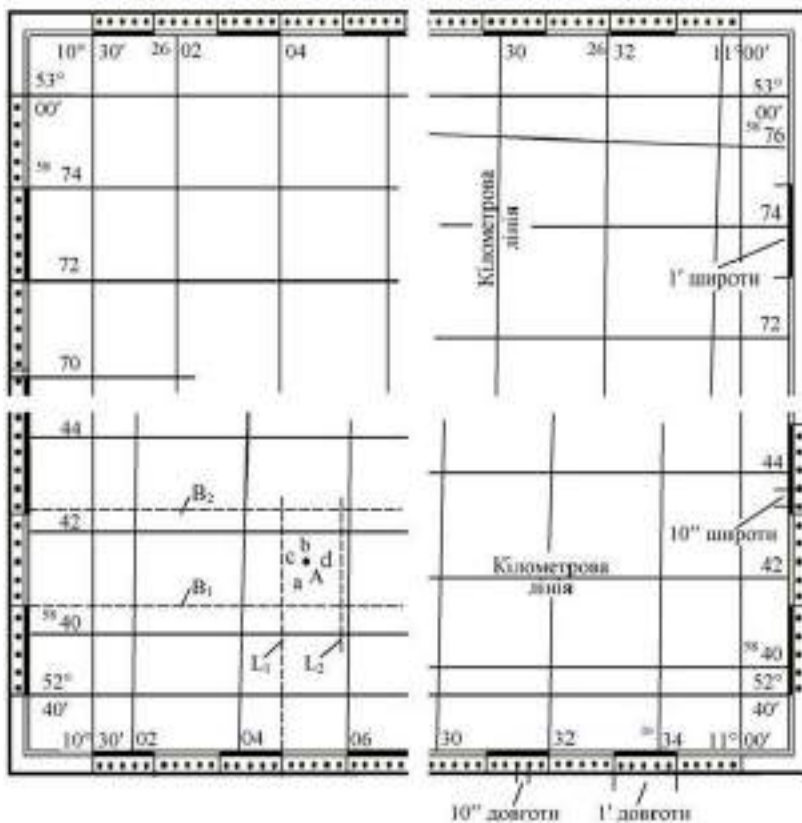


Рис. 1.25. Рамка топографічної карти.

На топокартах зображено територію земної поверхні, яка обмежена на заході і сході меридіанами, на півночі і півдні – паралелями із відомими довготою і широтою. На північній і південній опорних рамках трапеції нанесені мінутні поділки по довготі, а на західній і східній сторонах – по широті у вигляді чорних і білих шашок, які чергуються. Кожна мінута 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 пара-

лелей і меридіанів. У кутках рамки наведені їх географічні координати.

Топографічні карти є різновидом загальногеографічних карт, які детально відображають ділянку земної поверхні без виділення певних її елементів серед інших. Склад об'єктів місцевості на топографічній карті та ступінь деталізації їх опису залежить виключно від масштабу карти, вимог щодо генералізації та особливостей даної території.

Топографічні карти використовують для вивчення місцевості, орієнтування, вирішення різних господарських завдань, для складання тематичних карт. Такі карти дають змогу визначити склад об'єктів місцевості, їх характеристики, положення та розміри, вимірювати відстані між об'єктами, площі, напрямки, висоти точок, перевищення, ухили. Топографічні карти створюють та оформлюють за певними правилами, єдиними для усіх видавців в Україні.

Прямокутна система координат на топографічній карті зображена лініями кілометрової сітки. Горизонтальні лінії сітки, що паралельні проекції екватора на горизонтальну площину, – осі ординат ( $Y$ ), а вертикальні лінії, паралельні осьовому меридіану, – осі абсцис ( $X$ ). Виходи ліній координатної сітки підписані між внутрішньою і мінутними рамками, що дає змогу визначити плоскі прямокутні координати точок.

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.

Крім планів і карт складають *профілі* місцевості, які являють собою зменшене зображення вертикального розрізу земної поверхні уздовж вибраного напрямку (рис.1.26). По горизонтальній осі профілю відкладають відстані, по вертикальній – висоти або глибини. Зазвичай вертикальний масштаб більше горизонтального, тобто висота перебільшена у порівнянні з довжиною. Топографічний профіль будують по горизонталях та висотних відмітках топографічної карти.

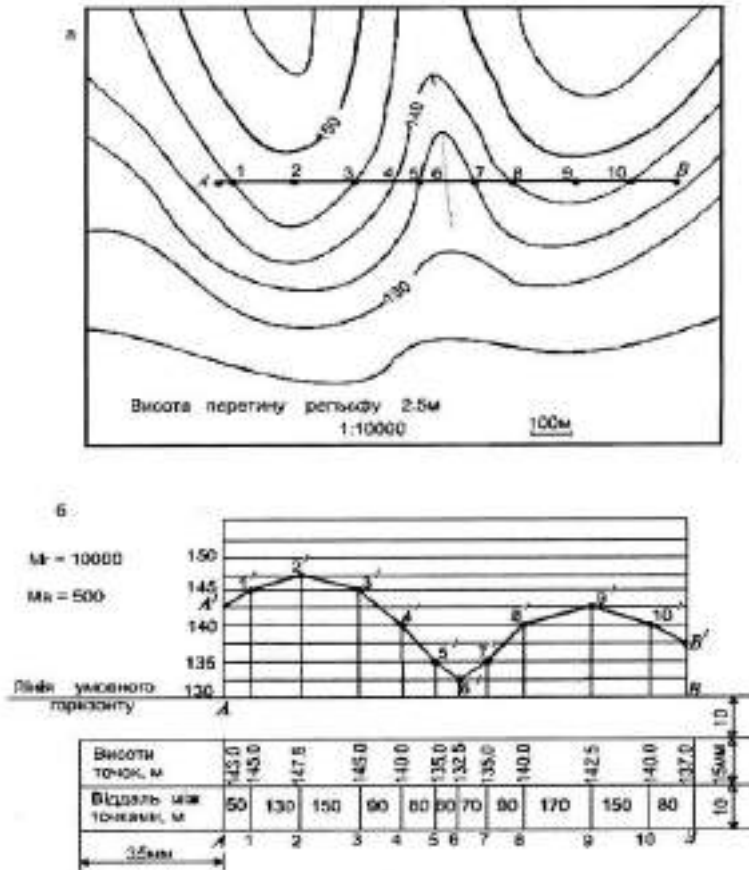


Рис. 1.26. Побудова профілю місцевості за заданим напрямком АВ.

### 3.2. Масштаби

Плани, карти і профілі місцевості складають на папері у зменшеному вигляді. Ступінь зменшення горизонтальних проєкцій ліній місцевості при зображенні їх на плані чи карті називають **масштабом**.

Масштаб виражає відношення довжини відрізка лінії на плані чи карті до довжини горизонтальної проєкції відповід-

ної лінії на місцевості. Розрізняють такі форми масштабу: *числовий, словесний і графічний*.

*Числовий масштаб* – це дріб, чисельник якого одиниця, а знаменник число, яке показує в скільки разів горизонтальні проекції ліній зменшені на плані чи карті. Так на планах масштабів 1 : 500, 1 : 1 000, 1 : 2 000, 1 : 5 000 горизонтальні проекції ліній місцевості зменшені відповідно в 500, 1 000, 2 000, 5 000 раз. Чим більший знаменник масштабу, тим більше зменшення довжин ліній, тим дрібніше зображення реальних об'єктів на карті або плані, тобто тим дрібніший масштаб карти. Перерахунок довжини  $S$  горизонтальної проекції лінії місцевості в довжину відповідної лінії  $s$  на карті або плані здійснюють за формулою:

$$1/m = s/S,$$

де  $m$  – число, яке відображає ступінь зменшення.

На картах і планах під числовим масштабом підписують *словесний (іменований) масштаб*, де за одиницю виміру на карті або плані приймають 1 сантиметр, а горизонтальну проекцію, яка йому відповідає на місцевості, виражають у метрах або кілометрах (рис. 1.27). Наприклад, для карти масштабу 1 : 25 000 словесний масштаб має вигляд «в 1 сантиметрі 250 метрів».

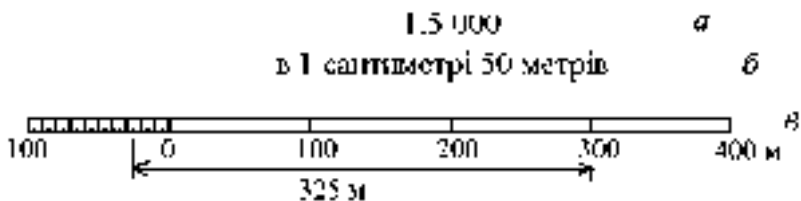


Рис. 1.27. Масштаби: а – числовий; б – словесний; в – лінійний.

*Графічний масштаб* викреслюють у вигляді графіка, який спрощує переведення довжин відрізків на карті (плані) у довжини горизонтальних проекцій на місцевості. Графічний масштаб може бути *лінійним* і *поперечним*.

**Лінійний масштаб** – це відрізок прямої, поділений на рівні частини з підписами значень відповідних їм відстаней на місцевості. Відрізок, який визначає величину поділки прямої лінії, називають *основою* масштабу. Лінійний масштаб, який має основою відрізок  $a = 2$  см, називається *нормальним*.

Ліву крайню основу лінійного масштабу поділяють на десять рівних частин. Ці частини називають *найменшою поділкою лінійного масштабу*. *Точністю* або *ціною лінійного масштабу* називають кількість метрів (кілометрів) на місцевості, яка відповідає найменшій поділці лінійного масштабу. На правому кінці першої основи пишуть нуль, а на лівому – число метрів або кілометрів.

Можливості людського ока обмежені. На плані чи карті у кращому випадку можна зобразити лише такі горизонтальні проекції ліній місцевості, яким у даному масштабі відповідає відрізок 0,1 мм і більше. Величину горизонтальної проекції лінії на місцевості, яка відповідає 0,1 мм на карті (плані) заданого масштабу називають *граничною точністю масштабу*.

Щоб підвищити точність лінійних вимірювань і відкладання відстаней на карті користуються **поперечним масштабом**. Між суміжними *трансверслями* містяться горизонтальні відрізки рівні десятій частині основи. Між нульовою вертикальною лінією *ОВ* і суміжною з нею трансверсаллю *ОА* містяться відрізки, довжина яких змінюється від одної сотої до одної десятої основи (рис. 1.28). Значення цих поділок підписують біля крайньої лівої вертикальної лінії масштабу, що полегшує користування ним. Такий масштаб називають *нормальним сотенним масштабом*.



Рис. 1.28. Нормальний поперечний масштаб.

У деяких країнах величини на картах подаються не в метричній системі, а за допомогою футів або міль. Такі карти видають у США, Великобританії, Ірландії, Канаді, Новій Зеландії, Індії та деяких інших країнах. На картах, що виготовляються в цих країнах, масштаб часто подається графічно в обох системах числення.

### 3.3. Розграфлення і номенклатура топографічних карт і планів

Топографічна карта світу має багатоаркушевий вигляд. Поділ карти на аркуші називається **розграфленням**, а прийнята система їхнього позначення – **номенклатурою**. Номенклатура знаходиться у тісній залежності як від масштабу карти, так і від географічного розміщення (за географічною широтою і довготою) зображеної на даному аркуші території.

В основу розграфлення і номенклатури топографічних та оглядово-топографічних карт усіх масштабів покладено розграфлення й номенклатуру аркушів *міжнародної карти масштабу 1 : 1 000 000*. Її рамки – трапеції, утворені меридіанами й паралелями, проведеними відповідно через 6° довготи і 4° широти.

Паралелі, проведені від екватора через кожні 4° широти, утворюють широтні *пояси (ряди)*. Пояси позначають за головними літерами латинського алфавіту, починаючи від екватора до Північного полюса в північній півкулі і до Південного полюса – у південній.

Меридіани, проведені через 6° довготи, утворюють *колони*. Їх позначають арабськими цифрами із заходу на схід від меридіана з довготою 180°. Оскільки шестиградусні *зони* відлічують від Гринвіцького меридіана, номери зон і колон різняться на 30. Так, якщо номер колони 1, то зони – 31, якщо колони 31, то зони – 1.

Всю земну поверхню зображають на 2 640 аркушах карти масштабу 1 : 1 000 000 у вигляді трапецій розмірами 4° за широтою і 6° за довготою (рис. 1.29).

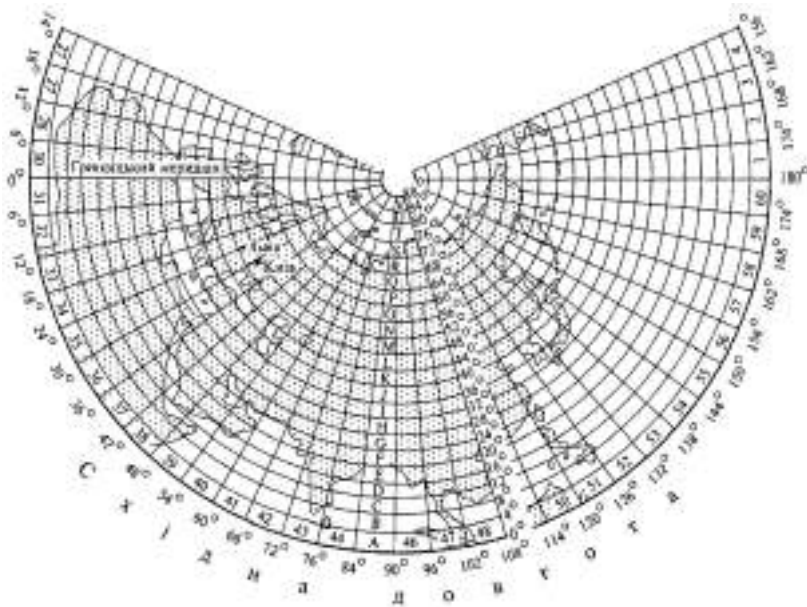


Рис. 1.29. Фрагмент розграфлення аркушів карти масштабу 1 : 1 000 000 для північної півкулі.

Положення аркуша карти масштабу 1 : 1 000 000 в загальній системі позначень, тобто його номенклатура, визначається літерним позначенням широтного поясу і номером колони. Спочатку пишуть літеру поясу, потім через тире номер колони. Наприклад, аркуш мільйонної карти з містом Львовом знаходиться на стику листів *М-34* і *М-35*, а аркуш з містом Київ – *М-36*.

Знаючи номенклатуру аркуша карти, легко визначити географічні координати кутів його трапеції. Так, географічні координати кутів аркуша карти *М-36* визначають місцями перетину паралелей 52 і 56° та меридіанів 30 і 36° (рис. 1.30).

Розграфлення аркушів карт наступних, більших масштабів здійснюють паралелями і меридіанами так, що кожному аркушеві карти масштабу 1 : 1 000 000 відповідає ціле число аркушів цих карт. Позначають ці аркуші номенклатурою відповідного аркуша карти масштабу 1 : 1 000 000 з додаванням

українських великих і малих літер та римських або арабських цифр.

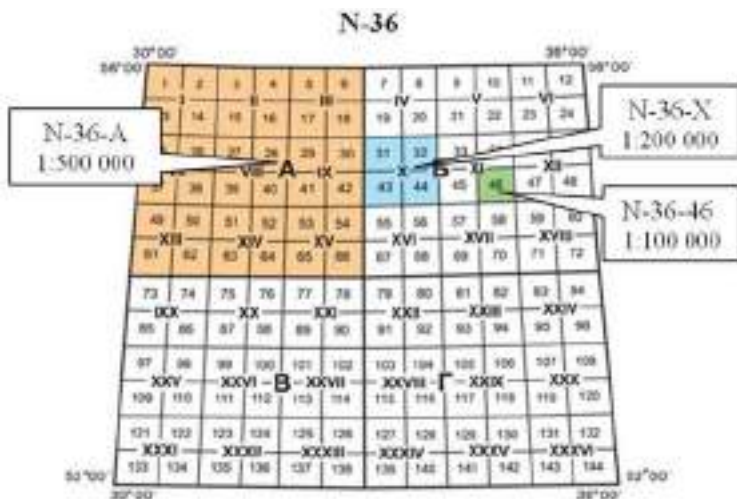


Рис. 1.30. Розграфлення і номенклатура листів карт масштабу 1 : 500 000, 1 : 200 000, 1 : 100 000 на листі карти масштабу 1 : 1 000 000.

Територія, яка зображена на одному аркуші карти масштабу 1 : 1 000 000, може бути відображена на кількох аркушах карти більшого масштабу. Так одному аркушеві карти масштабу 1 : 1 000 000 відповідають:

- чотири аркуші карти масштабу 1 : 500 000, які позначають великими літерами А, Б, В і Г; номенклатура цих аркушів має вигляд, наприклад, *N-36-A*;
- дев'ять аркушів карти масштабу 1 : 300 000, які позначають римськими цифрами I, II, ..., IX, що пишуть перед номенклатурою аркуша мільйонної карти, наприклад, *IV-N-36*;
- 36 аркушів карти масштабу 1 : 200 000, які позначають також римськими цифрами, приклад номенклатури аркушів цієї карти *N-36-X*;
- 144 аркуші масштабу 1 : 100 000, які позначають арабськими цифрами від 1 до 144, номенклатура цих аркушів має вигляд, наприклад, *N-36-46*.

Аркушеві карти 1 : 100 000 відповідають чотири аркуші карти масштабу 1 : 50 000, які позначають початковими літерами українського алфавіту А, Б, В, Г і номенклатура має вигляд *N-37-4-A* (рис. 1.31).

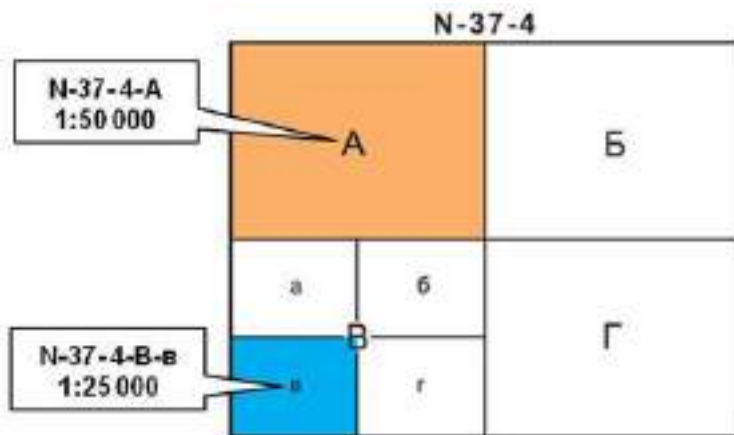


Рис. 1.31. Розграфлення і номенклатура листів карт масштабу 1 : 50 000, 1 : 25 000 на листі карти масштабу 1 : 100 000.

Аркушеві карти 1 : 50 000 відповідають чотири аркуші карти масштабу 1 : 25 000, які позначають малими літерами українського алфавіту а, б, в, г, наприклад, *N-37-4-B-в*.

Аркушеві карти масштабу 1 : 25 000 відповідають чотири карти масштабу 1 : 10 000, які позначають арабськими цифрами 1, 2, 3 і 4; приклад їх номенклатури *N-37-4-B-в-3*.

Аркушеві карти масштабу 1 : 100 000 відповідають 256 аркушів плану масштабу 1 : 5 000, аркуші якого позначають арабськими цифрами від 1 до 256, що пишуть в дужках, наприклад, *N-36-46-(256)* (рис.1.32).

Аркушеві плану масштабу 1 : 5 000 відповідають дев'ять аркушів плану масштабу 1 : 2 000, які позначають малими літерами українського алфавіту (а, б, в, ..., и), наприклад, *N-36-46-(256-а)*.

Номенклатуру аркушів топографічних карт записують над верхньою рамкою карти. Поряд з номенклатурою в дуж-

ках пишуть назву найбільшого населеного пункту, розміщеного в межах даної трапеції, наприклад *М-35* (Львів), *М-36-А* (Київ), *М-35-49* (Сокаль).



Рис. 1.32. Розграфлення і номенклатура листів планів масштабу 1 : 5 000, 1 : 2 000, 1 : 1 000, 1 : 500.

### 3.4. Умовні знаки для топографічних карт і планів

На топографічній карті нанесено рельєф земної поверхні, зображений горизонталями, природні і соціально-економічні об'єкти, зображені *топографічними умовними знаками*. У поєднанні із горизонталями умовні знаки відтворюють на топографічній карті місцевість з усіма її особливостями.

*Умовні знаки стандартні* та єдині за власним виглядом, формою та кольором. Умовні знаки часто нагадують зображувані об'єкти або їх визначальні риси. Для топографічних та оглядово-топографічних карт умовні знаки тих самих предметів, зазвичай, однакові за формою і кольором та відрізняються здебільшого розміром.

За призначенням умовні знаки поділяють на *масштабні*, *позамасштабні* та *пояснювальні*.

**Масштабні (площинні) умовні знаки** застосовують для відображення об'єктів, розміри яких (довжину, ширину, площу, конфігурацію) можна виразити у масштабі карти або плану (наприклад, масив лісу, населений пункт, площа саду, озеро тощо) (рис. 1.33).

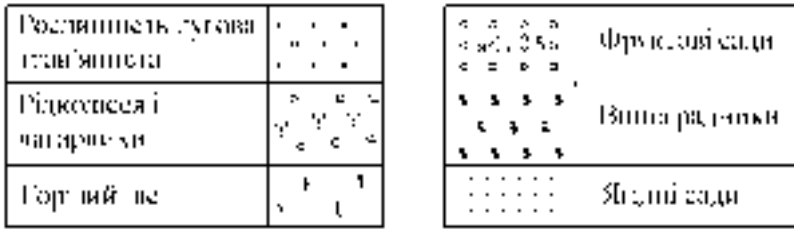


Рис. 1.33. Приклади масштабних умовних знаків.

Контур об'єкта позначають суцільною чи пунктирною лінією або крапками і заповнюють його у вигляді значків, які характеризують особливості об'єкта, а також у вигляді кольорового фону, який визначає суть об'єкта (наприклад, сад, ліс, озеро).

**Позамасштабними умовними знаками** зображують місцеві предмети, які не можуть бути виражені у масштабі карти або плану (окремі будівлі, дерева, пам'ятники тощо) (рис. 1.34). Позамасштабні умовні знаки – це геометричні фігури встановленого розміру та спрощені малюнки, що передають лише загальний вигляд предмета, а не його розмір чи площу. Положенню предмета на місцевості відповідає певна точка знака.

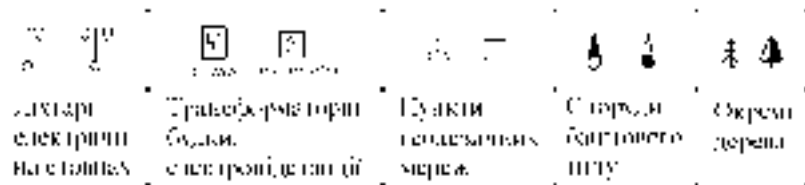


Рис. 1.34. Приклади позамасштабних умовних знаків.

У разі точного визначення відстаней між об'єктами або їхніх координат використовують центри (головні точки) позамасштабних знаків (рис. 1.35). Слід враховувати, що ті самі місцеві предмети на топографічних картах або планах великих масштабів можуть бути виражені масштабними умовними знаками. Позамасштабні умовні знаки, зазвичай,

показують вершиною на північ (паралельно бічним рамкам карти).

Умовні знаки	Місце центра умовного знака
	Геометричний центр фігури
	Середина умовного знака
	Вершина прямого кута
	Ізометричний центр нижньої фігури
	Числ. знака

Рис. 1.35. Визначення положення предметів за їхнім зображенням на карті позамасштабними умовними знаками.

До позамасштабних умовних знаків також відносять **лінійні умовні знаки** (залізниці та автомобільні дороги, водотоки, огорожі, лінії електропередач, зв'язку тощо), у яких на карті відображена тільки довжина, ширина ж цих знаків за картою не може бути виміряна. Положення відповідних об'єктів на місцевості визначають за осьовою лінією знаку на карті (рис. 1.36).

Грунтові дороги з лісосмугою			Залізниці з позначенням кількості колій
Удосконалене шосе з об'їздом з'їздом			Дюни, пази
Огорожі металеві			Межі міських земель

Рис. 1.36. Приклади лінійних умовних знаків.

Для додаткової якісної та кількісної характеристики об'єктів і зображення їх різновидів на топографічних картах

застосовують **пояснювальні умовні знаки**. Ними можуть бути буквені та цифрові позначення, а також деякі графічні знаки, наприклад, зображення напряму течії річки стрілкою. Повністю підписують назви населених пунктів, річок, озер, гір тощо. Скорочені підписи використовують для додаткової характеристики об'єктів (рис. 1.37). Цифрові позначення застосовують для кількісної характеристики об'єктів. Шрифти передають змістове значення підписів, а також характеризують об'єкти.



Рис. 1.37. Приклад пояснювальних умовних знаків.

Для підвищення наочності і чіткості топографічних карт, деякі умовні знаки зображають різними кольорами. Так, зеленим кольором показують лісові масиви, сади, виноградники; синім – річки, озера, болота, солончаки, а також цифри і знаки, що показують характеристики гідрографії; коричневим – природні форми рельєфу та його елементи; жовтим – покращені ґрунтові дороги тощо.

Усього на топографічних картах використовують близько 350 умовних знаків і понад 400 пояснювальних написів. Усі знаки розділені у певні групи за близькими ознаками (додаток В–Д).

### 3.5. Зображення рельєфу на топографічних картах і планах

Під **рельєфом** розуміють сукупність нерівностей земної поверхні. Виділяють основні *форми рельєфу*: гора (горб), хребет, улоговина, сідловина, лощина (видолинок). Форми рельєфу мають такі основні *орографічні лінії*: вододіли, тальвеги, брівки та підосви. Орографічні лінії становлять скелет рельєфу та створюють уявлення про ступінь його розчленованості.

На топографічних картах рельєф зображують **горизонталлями**, тобто замкнутими лініями, що проходять через точки місцевості з однаковою абсолютною висотою. Якщо уявно розрізати фізичну поверхню Землі рівневими поверхнями, які рівновіддалені одна від одної, то кожна лінія перерізу матиме вигляд замкненої кривої і постійну абсолютну висоту; отже, вона є горизонталлю. На місцевості берегові лінії (межа води і суходолу) ставків, озер являють собою горизонталі (рис. 1.38).

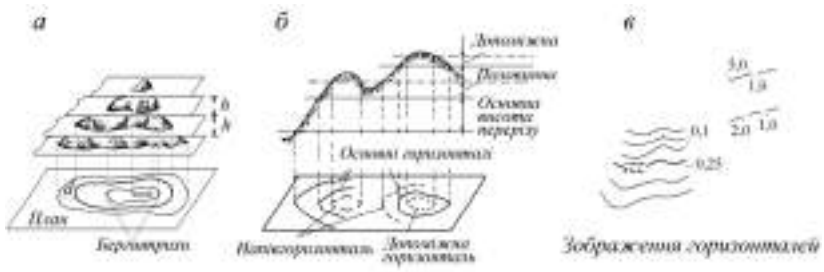


Рис. 1.38. Принцип зображення рельєфу горизонталлями (а) і види горизонталей на топографічних картах (б, в)

Задану відстань  $h$  між сусідніми січними площинами називають **висотою перерізу рельєфу**. Висоту перерізу можна також визначити як різницю висот двох сусідніх основних горизонталей на карті (рис. 1.39).

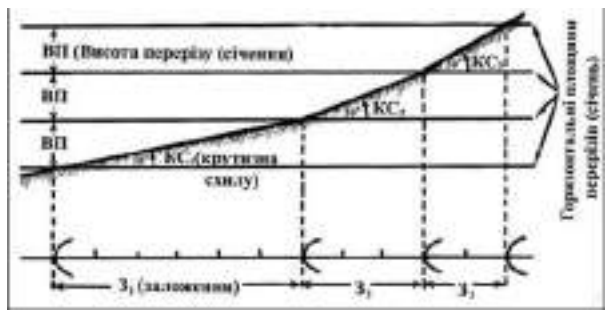


Рис. 1.39. Залежність між крутизою схилу і величиною закладання, за умови однакової висоти перерізу.

Між закладенням ( $d$ ), висотою перерізу ( $h$ ) і крутизною схилу ( $v$ ) існує така залежність:

$$\operatorname{tg} v = h / d$$

Основними горизонталлями називають горизонталі, які віддалені одна від одної на прийнятну для цієї карти висоту перерізу рельєфу. Основні горизонталі на картах позначаються суцільною лінією коричневого кольору. Іноді при нормальній висоті перерізу важливі подробиці рельєфу не відтворюються, тому що знаходяться між січними площинами. В такому випадку на карті проводять *половинні горизонталі* (*напівгоризонталі*) через половину основного перерізу рельєфу пунктирними лініями з довжиною рисочок 4–5 мм і відстанню між рисочками 1–2 мм. Якщо потрібні подробиці рельєфу не можуть бути зображені половинними, застосовують *допоміжні горизонталі*, які проводять також пунктирними лініями, тільки з коротшими рисочками, ніж у половинних (див. рис. 1.38).

Для того щоб розрізнити зображення горизонталлями гори від улоговини, хребта від лощини, від горизонталей у бік пониження схилу проводять рисочки – **бергштрихи** (рис. 1.40).

Висоту основних і потовщених горизонталей підписують цифрами коричневого кольору. Цифри пишуть так, щоб їх верх був спрямований у бік збільшення

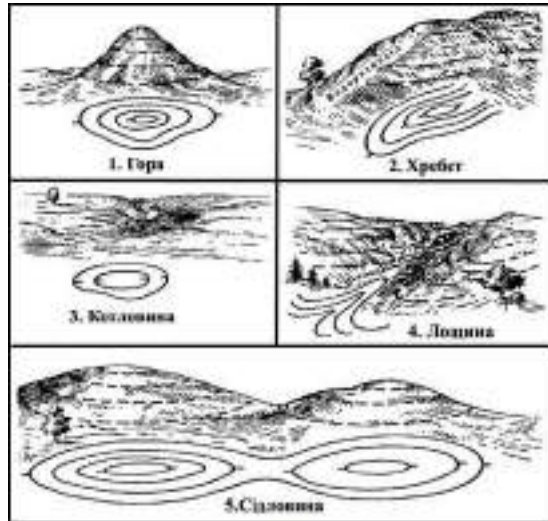


Рис. 1.40. Зображення рельєфу місцевості горизонталлями.

висоти (підвищення схилу). Висоти основних горизонталей завжди кратні висоті перерізу рельєфу.

Крім горизонталей, рельєф на картах зображають відмітками абсолютних висот характерних точок рельєфу – вершин гір чи горбів, дна улоговин, сідловин, тальвегів, перегинів схилів. Позначають їх арабськими цифрами біля характерної точки з точністю до 0,1 м (рис. 1.41). У поєднанні з горизонталями відмітки висот полегшують визначення за картою напрямів схилів, перевищень тощо. Скелі, урвища, круті схили ярів, ями, кургани тощо зображають спеціальними умовними знаками, які в поєднанні з горизонталями точно передають особливості рельєфу місцевості.

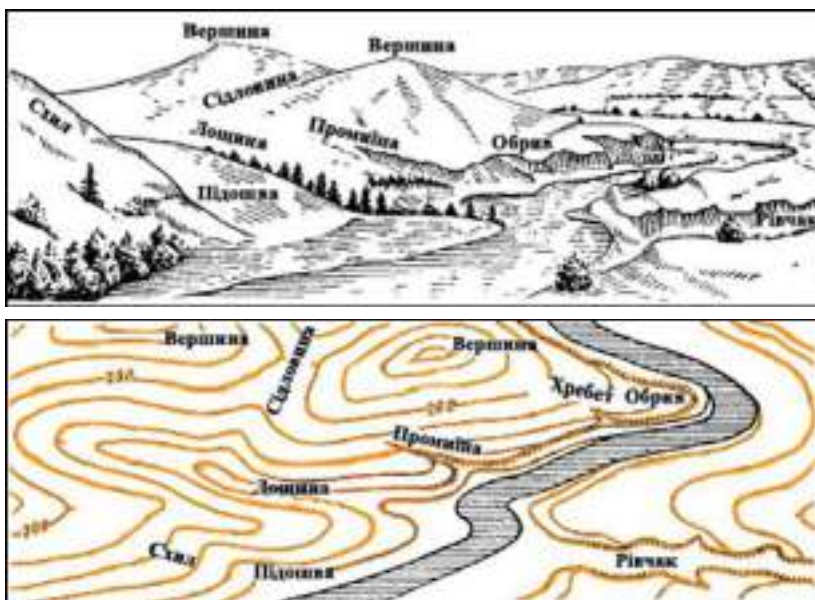


Рис. 1.41. Зображення рельєфу місцевості горизонталями.

На картах горизонталі викреслюють суцільними лініями коричневого кольору. Для збільшення виразності рельєфу і полегшення читання карти кожну п'яту (або четверту) основну горизонталь зображають товстішою коричневою лінією. Такі горизонталі називають *потовщеними горизонталями*.

Висоту основних і потовщених горизонталей підписують цифрами коричневого кольору. Цифри пишуть так, щоб їх верх був спрямований у бік збільшення висоти (підвищення схилу). Висоти основних горизонталей завжди кратні висоті перерізу рельєфу.

### **3.6. Побудова горизонталей за позначками точок**

В результаті топографо-геодезичних робіт, на площині отримують планове та висотне положення характерних точок рельєфу місцевості. На основі позначок цих точок (*позначка* – числове вираження висоти точки) зображують рельєф горизонталями. Вибравши висоту перерізу рельєфу, прямими лініями з'єднують точки, які «лежать» на одному схилі. На кожній лінії знаходять місця точок, позначки яких кратні висоті перерізу рельєфу. Таку дію називають *інтерполюванням горизонталей*. Знайдені точки з однаковими позначками з'єднують плавними лініями, які і є горизонталями. Існує декілька методів інтерполяції горизонталей: «на око», графічний, аналітичний тощо.

- При проведенні горизонталей належить врахувати, що:
- перегини горизонталей повинні знаходитися на скелетних лініях рельєфу;
  - горизонталі уриваються при перетині із штучними спорудами (будівлями, дорогами);
  - при відстанях між горизонталями понад 2 см обов'язково проводять напівгоризонталі.

### **3.7. Створення та оновлення карт**

Основними етапами створення карт є:

- 1) розроблення та погодження завдання на карту;
- 2) проектування карти;
- 3) збирання вихідних даних та їхнє опрацювання;
- 4) власне складання карти;
- 5) підготовлення карти до видання.

*Для топографічних карт* вихідними даними є:

- дані геодезичної основи на територію картографування (астрономічні пункти, пункти державних геодезичних мереж, мереж спеціальних планових та висотних мереж, гравіметричні пункти);
- дані аерофотознімання, космічного оптичного, спектрального та радарного знімань, повітряного лазерного сканування;
- дані тахеометричного, мензульного та інших наземних типів знімань;
- крупномасштабні топографічні карти та плани;
- матеріали кадастрових знімань (дані земельного кадастру, лісового та водного кадастру) та матеріали інвентаризацій доріг, інженерних комунікацій і т. п.;
- матеріали польового дешифрування;
- дані різних спостережень (наприклад, дані гідро- чи метеопостів).

*Для тематичних карт* вихідними даними є:

- топографічні карти на відповідну територію;
- матеріали тематичного оброблення даних дистанційного зондування Землі;
- матеріали метеорологічних і гідрометеорологічних спостережень;
- дані натурних спостережень та вимірювань (наприклад, геологічні вишукування, гравіметричні вимірювання і т. д.);
- матеріали довготривалих спостережень на стаціонарах;
- дані лабораторних досліджень (наприклад, лабораторні аналізи зразків ґрунту, порід, якості води і т. п.);
- статистичні дані (головне джерело для карт населення, економічних карт та ряду інших);
- різні текстові документи, фото- і відеоматеріали, що фіксують інформацію про розвиток певних подій чи явищ.

Після отримання та відповідного опрацювання приступають безпосередньо до складання карти. У першу чергу наносяться елементи математичної основи, необхідні для правильного розташування на карті всіх інших даних.

При складанні тематичних карт після нанесення елементів математичної основи на карту наносять базові топографічні дані: контури берегової лінії, об'єкти гідрографії, якщо потрібно межі адміністративних одиниць, населені пункти та інші необхідні для карти відповідного типу загальні дані про місцевість. Далі розробляється легенда карти: набір умовних позначень, палітра кольорів для подання відповідних кількісних або якісних показників і т. п. Всі тематичні дані класифікуються відповідно до прийнятої системи і наносяться на карту відповідно до розробленої легенди.

Сьогодні значна частина карт використовується виключно в електронному вигляді. Між тим роль паперових карт залишається важливою, бо нерідко не можливо чи не зручно мати при собі комп'ютер або інший пристрій для роботи з електронними картами. Якщо ж планується друк карти, то останнім етапом робіт є її підготовка до видання.

Кarti будь-якого змісту та призначення з часом застарівають. Це відбувається через зміни, що відбуваються на місцевості, зміну знань про ті чи інші процеси та явища, зміни потреб у картографічних даних і, як наслідок, встановлення нових вимог до змісту, точності чи оформлення карт.

**Старіння карти** – закономірний процес, який призводить до того, що з часом зміст карт не відповідає реальній дійсності території, зображеної на карті. Старіння карти може бути фізичним та моральним. *Фізичне старіння* карти є основним і відбувається під дією природних чинників (наприклад, ерозійні процеси на території) або в наслідок діяльності. *Моральне старіння* карти зумовлене зміною нормативних документів, за якими карту складено (наприклад, зміна системи координат, висот, системи умовних позначень) або зміна уявлень про явища та процеси, що відображені на карті. Для того, щоб карти залишалися достовірними їх оновлюють.

**Оновлення карт** – процес відтворення на існуючих картах змін, що сталися на місцевості за певний період часу. Такі зміни передусім пов'язані з діяльністю людини: житлове та промислове будівництво, поява нових транс-

портних шляхів, гідротехнічне будівництво, лісові насадження. Певні зміни можуть бути зумовлені природними явищами, зазвичай, катастрофічного характеру: землетруси, повені, обвали, зсуви тощо. Рельєф місцевості здебільшого не зазнає таких змін як контурна частина.

Оновлення карт виконують за періодичною чи безперервною системою. За періодичною системою карти оновлюють через певні проміжки часу. За безперервною системою усі зміни постійно фіксуються на карті і, коли обсяг змін досягає 25–30 %, карту перевидають.

### **3.8. Генералізація і точність карт**

*Генералізація карт* – це відбір та узагальнення об'єктів, які зображені на карті, виокремлення їх основних типових рис та особливостей. Генералізація не лише усуває деталі зображення місцевості, але й дозволяє сформувати новий графічний образ, виокремити характеристику головних об'єктів та особливості місцевості, звільнив карту від несуттєвих, дрібних деталей (додаток Е).

Генералізація карт залежить від масштабу та особливостей відображеної місцевості. Чим більше масштаб карти, тим детальніше відображена місцевість. Чим менше на місцевості різних об'єктів, тим повніше вони відображені на карті (додаток Ж).

На топографічних картах найбільш ґрунтовно показані об'єкти місцевості, які визначають її тактичні властивості (у пустелі – водні, в горах – стежки).

*Точність* топографічних карт характеризують середніми похибками положення на карті об'єктів місцевості. Найточніше (із середньою похибкою 0,1–0,2 мм у масштабі карти) показано геодезичні пункти та окремі орієнтири (башти, труби, церкви тощо). Елементи місцевості, які чітко виражені на місцевості, відображені на картах із середньою похибкою 0,5 мм. На картах важкодоступних районів (гірських, болотистих) елементи місцевості показані менш точно – із середньою похибкою 0,75–1,0 мм. Середні похибки положення горизонталей за висотою на картах рівнинної і височинної

місцевості складає половину перерізу рельєфу цієї карти, а на картах гірських районів – висоту перерізу рельєфу.

## Лекція 4

### РОБОТА З ТОПОГРАФІЧНИМИ КАРТАМИ. ОРІЄНТУВАННЯ НА МІСЦЕВОСТІ

#### 4.1. Аналіз і читання топографічної карти

Виявлення характерних рис топографічної карти дає можливість оцінити придатність її використання для вирішення певного завдання. З цією метою карта попередньо піддається аналізу й оцінці.

**Аналіз карти** є процесом всебічного розгляду її елементів і властивостей з метою з'ясування ступеня придатності карти до використання із певною метою (науково-дослідною, освітньою, практичною та ін.) (рис. 1.42).

Аналіз карти включає такі відомості:

А. *Вихідні відомості картографічного видання*: заголовок (назва) карти; підзаголовні дані; вихідні дані (місце і рік видання, назва видавництва, найменування організації); особливості оформлення.

Б. *Математична основа*: масштаб карти; картографічна проекція.

В. *Географічний зміст*: гідрографічні об'єкти; рослинність і ґрунти; соціально-економічні об'єкти тощо.

Г. *Елементи оснащення*: легенди, вказівки масштабу, картографічної сітки, рамки, поза рамкове оформлення.

Д. *Елементи додаткової характеристики території*: текстові дані, додаткові (урізні) карти, профілі.

Ж. *Компонування карти*: аналіз прийнятого на карті розташування території, яка картографується, її границь, середнього меридіану щодо рамки карти, їхня відповідність оптимальному варіанту.

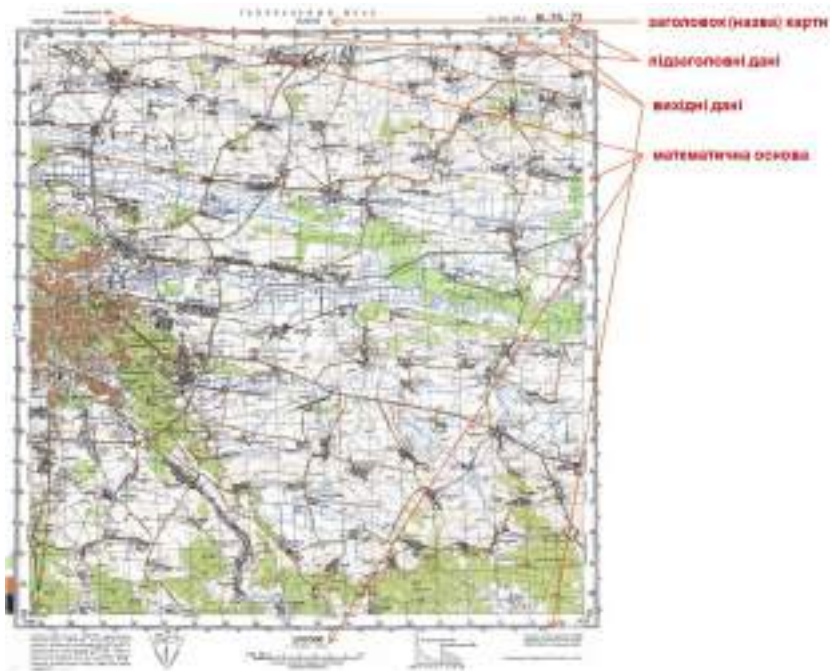


Рис. 1.42. Вихідні відомості й елементи математичної основи топографічної карти.

Оскільки однією з основних вимог до топографічної карти є можливість здійснювати по ній орієнтування та різноманітні вимірювання, то елементи математичної основи відображаються на топографічних картах дуже детально. До елементів математичної основи, що відображаються на топографічній карті, відносяться рамка карти, картографічна та прямокутна (кілометрова) сітка, або їх виходи на рамку карти (рис. 1.43).

Кarti різного призначення та змісту можуть мати різний вигляд. Але в цілому усі типи карт складаються з певного набору основних елементів: математичної основи, картографічного зображення, допоміжного оснащення карти та довідкових даних.

Математична основа карти є базою, до якої, прив'язаний весь зміст карти. Складовими частинами математичної

основи є картографічна проекція, масштаб карти, геодезична основа карти та компонування карти.



Рис. 1.43. Елементи математичної основи топографічної карти масштабу 1 : 100 000

Цифрами позначені: 1 – внутрішня рамка карти, 2 – мінутна рамка, 3 – зовнішня рамка, 4 – виходи паралелей та меридіанів, 5 – підписи значень довготи та широти кутів рамки, 6 – лінії кілометрової сітки, 7 – підписи значень кілометрової сітки.

**Компонування карти** – розташування рамки карти відносно території, яка на ній зображується, а також розташування інших додаткових карт, вставок, діаграм тощо.

**Рамка карти** – це система ліній, що оконтурюють весь рисунок карти. Зазвичай рамка карти має форму прямокутника або трапеції, але використовуються також коліві та овалівні рамки. Рамка карти складається з внутрішньої рамки, градусної або мінутної рамки, зовнішньої рамки карти:

- **внутрішня рамка** – це лінія, що обмежує картографічне зображення;
- **градусна рамка** – рамка з двох близько розташованих між собою паралельних ліній, в середині яких через

певну кількість градусів показані виходи ліній картографічної сітки;

➤ *мінутна рамка* – рамка з двох близько розташованих між собою паралельних ліній, в середині яких показані виходи меридіанів і паралелей через певну кількість минут;

➤ *зовнішня рамка карти* – рамка карти, що обмежує всі інші рамки, зокрема градусну або минутну. Зовнішня рамка карти має здебільшого художньо-декоративне призначення.

Для топографічних карт використовується також поняття рамки трапеції. *Рамка трапеції* – внутрішня рамка топографічної карти у вигляді трапеції, вершини якої мають геодезичні координати згідно з номенклатурою аркуша. У вершинах рамки подають геодезичні координати, а вздовж сторін оцифровані виходи сітки плоских прямокутних координат та сітки геодезичних координат.

Досить часто при компонуванні карти виникає потреба розміщувати в середині рамки не тільки картографічне зображення, а й елементи допоміжного оснащення карти або додаткові дані. В цьому випадку застосовують врізання до карти.

*Врізання до карти* – частина карти, розташована в середині внутрішньої рамки карти і, як правило, обмежена лініями різної форми. Для врізання на карті зазвичай використовують ту площу карти, на якій з певних причин не подається картографічне зображення. Наприклад, це може бути територія, що не пов'язана з тематикою карти, або територія, зображення якої дуже спотворюється внаслідок прийнятої проекції.

*Картографічне зображення* (рисунок карти) є основним елементом будь-якої карти, що за допомогою графічних засобів, пояснювальних підписів та інших способів розкриває її зміст. Вибір способів картографічного зображення для подання інформації про територію залежить від змісту та призначення карти.

*Допоміжне оснащення карти* – допоміжні елементи, що полегшують використання картою. До них належать: вихідні дані карти; легенда карти; графіки, пов'язані із ви-

мірюваннями по карті, наприклад, висот або довжин; дані щодо часу складання карти; джерела, використані для складання карти.

*Вихідні дані карти* – дані, що переважно подаються за рамкою карти і містять інформацію про автора або назву установи, що склала карту, назву установи, що друкувала карту, їх адреси, замовника та номер замовлення, формат карти, номер видання за порядком (якщо карта видається повторно) та ін.

*Легенда карти* – сукупність умовних знаків, палітри кольорів, зразків штрихування та їх текстових пояснень, що розкривають зміст карти. В легенді не тільки подаються всі умовні позначення (в деяких випадках лише окремі), палітра кольорів, приклади штриховки, які є на карті, а також коротко й точно тлумачиться їхній зміст. Таким чином, легенда карти відображає логічну основу картографічного зображення.

Для спрощення вимірювань по карті її доповнюють різноманітними графіками, що реалізують шкали вимірювання довжин, кутів, площ, схилів тощо.

*Довідкові дані карти* – інформація, що розміщується на карті для доповнення основного картографічного зображення. Це додаткові карти і графічні побудови (профілі, діаграми), таблиці, тексти, фотографії. Додаткові дані можуть розміщуватись на карті на вільних місцях у середині або зовні рамки карти. Для розміщення додаткових даних у середині карти використовуються врізки до карти.

*Читання карти* – це процес відтворення дійсності із комплексу властивостей образно-знакової моделі, якою є карта. Із читання починається будь-яка дія із отримання з карти необхідної інформації незалежно від кінцевої мети її вивчення – від навчання до наукових досліджень й прийняття найважливіших рішень екологічного, економічного чи оборонного характеру.

Безумовно, якість читання карти залежить від глибини географічних знань читача. Дані однієї і тієї ж карти будуть інтерпретовані у різній детальності й інформативності школярем, студентом чи дослідником, що працює з картами.

Читання карти і читання тексту сильно відрізняються одне від одного. Це пояснюється тим, що написи й умовні позначки на карті просторово локалізовані, тим самим їхнє місцезнаходження на карті чітко фіксовано. Це дає можливість не лише усвідомити зміст відображуваних ними понять, але й отримати уявлення про їхнє розміщення у просторі.

Для виявлення характеристик об'єкту чи явища, читання карти супроводжує ряд прийомів роботи з нею:

- *опис* (метод якісної характеристики відображеного на карті явища);
- *графічні прийоми аналізу карт* (побудова графіків, діаграм, профілів);
- *графоаналітичні прийоми картометрії і морфометрії* (проведення різного роду вимірів і розрахунків по картах кількісних величин);
- *математико-картографічне моделювання* (побудова і вивчення математичних моделей, за даними, що отримані з карт способами математичного аналізу, математичної статистики, геоінформатики тощо).

## 4.2. Визначення відстаней по карті

Під час користування числовим масштабом відстань на карті вимірюють у сантиметрах за допомогою лінійки або циркуля-вимірника (рис. 1.44).

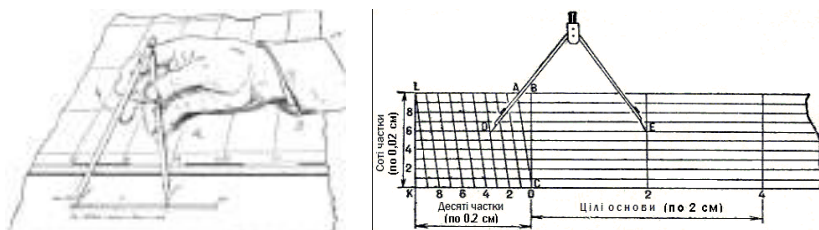


Рис. 1.44. Вимірювання відстаней за допомогою циркуля-вимірника.

Отримане число множать на величину масштабу. Наприклад, на карті масштабу 1 : 50 000 виміряли 3,8 см; на

місцевості це буде відповідати  $D = 3,8 * 50\ 000 = 190\ 000\ \text{см} = 1,9\ \text{км}$ . Якщо ж відстань  $D$  виміряна на місцевості та її потрібно відкласти на карті, то її треба розділити на величину масштабу карти. Наприклад, якщо  $D = 1\ 350\ \text{м}$ , то на карті масштабу  $1 : 25\ 000$  необхідно відкласти відрізок  $d = 135\ 000 : 25\ 000 = 5,4\ \text{см}$ .

Точність вимірювання і відкладання відрізків на карті обмежена відомою межею, яка дорівнює  $0,1\ \text{мм}$  і називається *крайньою граничною точністю*. Відстань на місцевості, яка відповідає  $0,1\ \text{мм}$  на карті, називається *крайньою точністю масштабу карти*; це максимальна точність під час вимірювання і відкладення відстаней на карті або плані.

Однак помилки вимірювань відстаней по карті залежать не лише від точності вимірювань і масштабу карти, але і від ряду інших причин: від похибок самої карти, деформації паперу і т. п. Практично встановлено, що фактична точність вимірювання прямих ліній на карті коливається в межах  $0,5\text{--}1,0\ \text{мм}$ .

Необхідно враховувати, що відстані, які визначаються по карті, завжди отримують менші, ніж у дійсності. Однією з причин цього є те, що на карті вимірюються горизонтальні проекції, у той самий час як відповідні ним лінії на місцевості звичайно похилі, тобто довші власних горизонтальних проекцій. Зменшеними будуть також відстані, що вимірюються по карті під час визначення довжини хвилястих доріг і стежок, особливо у горах та на пересіченій горбистій місцевості. Це відбувається тому, що такі лінії на місцевості звичайно більш хвилясті, і як наслідок, довші, ніж показано на карті (у горах – на  $15\text{--}20\ \%$ ) (рис. 1.45).

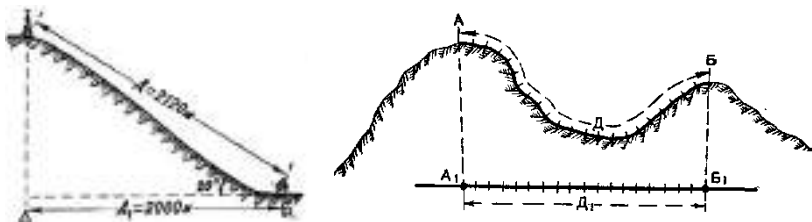


Рис. 1.45. Проекція довжини нахилу на площину (карту).

*Вимірювання довгих ліній*, які не вміщуються на лінійному масштабі карти, проводиться частинами. Для цього беруть за масштабом розхил циркуля, що відповідає будь-якому цілому числу кілометрів або метрів, і таким «кроком» проходять по карті довжину, що вимірюється, враховуючи кількість перестановок ніжок. Для вимірювання хвилястої лінії крок циркуля беруть меншим (0,5–1,0 см) (рис. 1.46).

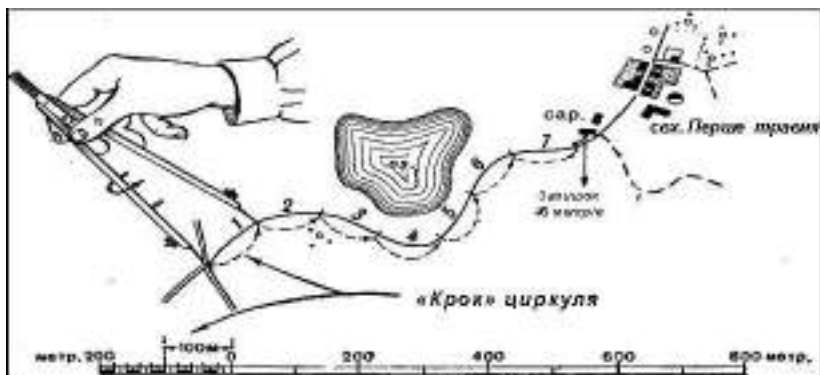


Рис. 1.46. Вимірювання циркулем довгих ліній.

Для визначення відстаней на карті дуже зручний, особливо під час вимірювання довгих кривих і хвилястих ліній, прилад, який називається *курвіметром*.

### 4.3. Вимірювання і побудова кутів на карті

На практиці під час використання компаса (бусолі) доводиться мати справу з магнітними азимутами і дирекційними кутами та переходити від дирекційних кутів, що виміряні по карті, до магнітних азимутів на місцевості або, навпаки, від магнітних азимутів, виміряних на місцевості, до дирекційних кутів на карті. Вимірювання і побудова дирекційних кутів на карті проводять за допомогою транспортира.

Вихідну точку і місцевий предмет з'єднують прямою лінією, довжина якої відточки її перетину з вертикальною лінією координатної сітки повинна бути більше радіуса транспортира.

Потім суміщають транспортир із вертикальною лінією координатної сітки (тобто поділки 0 і 180° на транспортирі) відповідно до величини кута. Відлік по шкалі транспортиру проти накресленої лінії буде відповідати величині дирекційного кута, який вимірюють (рис. 1.47). Середня похибка вимірювання кута транспортиром становить 0,5°.

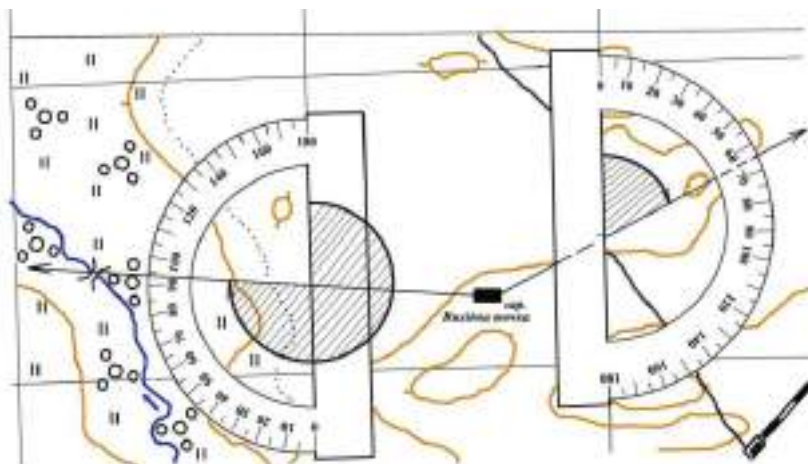


Рис. 1.47. Вимірювання дирекційних кутів транспортиром:  
 а) дирекційний кут напрямку на міст становить 274°;  
 б) дирекційний кут на яму становить 65°.

#### 4.4. Обчислення географічних і прямокутних координат

**Визначення географічних координат** точки 153,8 (6512) здійснюють за допомогою мінутної рамки, на якій крім мінутних поділок нанесені точками 10-секундні поділки.

Через точку 153,8 проводять лінію  $B$ , яка паралельна нижній стороні рамки карти, і дійсний меридіан  $L$ , який паралельний вертикальній стороні рамки карти. Від заданої точки на південь і захід проходять кратні 10 секундам паралель  $B_1$  і меридіан  $L_1$ . З точки 153,8 опускають перпендикуляри і вимірюють відрізки  $\Delta B$  і  $\Delta L$  (рис. 1.48).

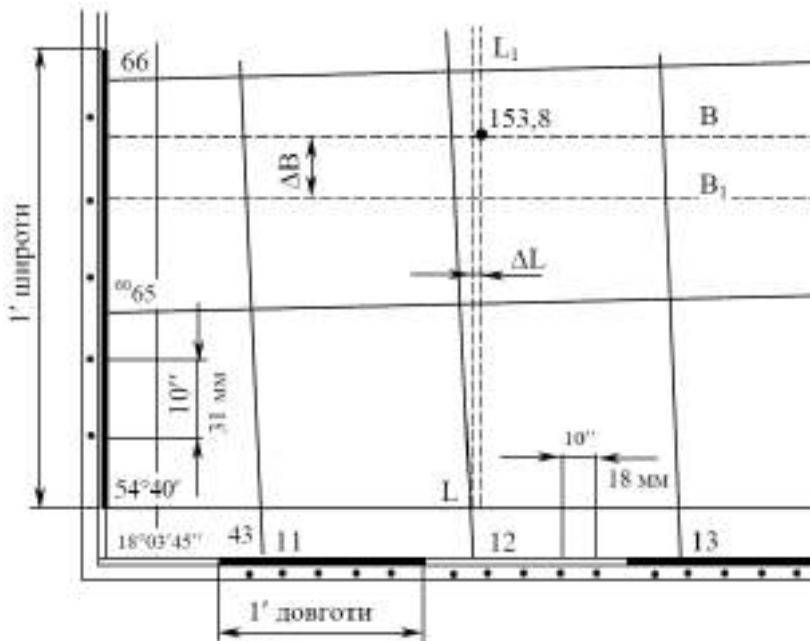


Рис. 1.48. Визначення географічних координат.

Широта точки дорівнює:

$$B = B_1 + \Delta B \times 10''/a,$$

де  $B_1$  – широта південної паралелі, яка проведена через 10-секундний інтервал, градуси, мінути і десятки секунд;  $\Delta B$  – довжина перпендикуляра – приріст широти від проведеної на південь від точки паралелі, мм;  $a$  – довжина 10-секундної поділки широти, мм.

Довгота точки дорівнює:

$$L = L_1 + \Delta L \times 10''/b,$$

де  $L_1$  – довгота західного меридіана, яка проведена через 10-секундний інтервал, градуси, мінути і десятки секунд;  $\Delta L$  – довжина перпендикуляра – приріст від проведеного на захід від точки меридіана, мм;  $b$  – довжина 10-секундної поділки довготи, мм.

Довжину перпендикулярів та 10-секундних поділок широти і довготи вимірюють за допомогою циркуля-вимірника чи лінійки з точністю до  $\pm 1$  мм у масштабі плану.

Шукані географічні координати точки 153,8:

широта  $B = 54^{\circ}40'40'' + 26 * 10'' / 31 = 54^{\circ}40'48''$ ;

довгота  $L = 18^{\circ}05'10'' + 16 * 10'' / 18 = 18^{\circ}05'19''$ .

Для **визначення прямокутних координат** точки 153,8 (6512) знаходять квадрат, окреслений лініями координатної кілометрової сітки, в якому розташована точка.

З точки 153,8 опускають перпендикуляри  $\Delta X$  та  $\Delta Y$  на лінії координатної кілометрової сітки і за допомогою циркуля-вимірника чи лінійки обчислюють їх довжину на місцевості (рис. 1.49).



Рис. 1.49. Визначення прямокутних координат.

Прямокутні координати точки:

$$X = X_k + \Delta X; Y = Y_k + \Delta Y,$$

де  $X_k$ ,  $Y_k$  – координати південно-західного кута квадрата кілометрової сітки, в якому розміщена точка,  $m$ ;  $\Delta X$ ,  $\Delta Y$  – довжина перпендикулярів,  $m$ .

Шукані прямокутні координати точки 153,8:

$$X = 6\,065\,000 + 725 = 6\,065\,725\,m;$$

$$Y = 4\,312\,000 + 380 = 4\,312\,380\,m.$$

Це означає, що точка 153,8 знаходиться в четвертій зоні на північ від екватора на 6 065 565  $m$ , віддалена на захід від осьового меридіана на  $312\,380 - 500\,000 = 187\,620\,m$ .

#### 4.5. Вимірювання крутизни схилів

**Напрямок пониження схилів** визначається по карті за позначками схилів на горизонталях, а також шляхом порівняння відміток висот точок і горизонталей: пониження схилу буде завжди у бік меншої відмітки; цифри відміток горизонталей власними основами спрямовані у бік пониження схилу.

**Крутизна схилу** визначається у міру зближення між собою горизонталей на цьому схилі, тобто за величиною закладання між двома суміжними горизонталями (рис. 1.50). Чим менше величина закладання, тим крутіше схил і навпаки. Крутизну схилу визначають окомірно або за шкалою закладень (рис. 1.51). **Шкалою закладень** називається спеціальний графік, який друкується на всіх аркушах топографічних карт поряд з лінійним масштабом.

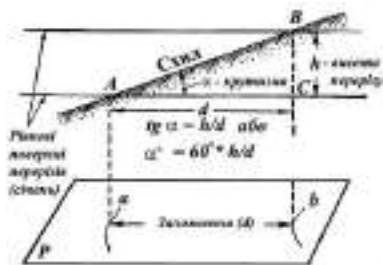


Рис. 1.50. Залежність між елементами схилу.

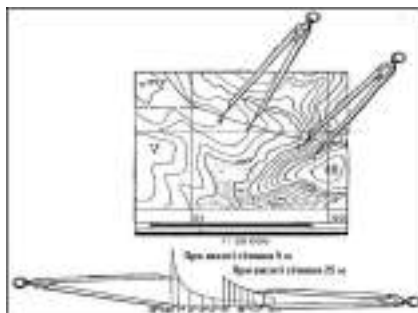


Рис. 1.51. Визначення крутизни схилів за шкалою закладання.

## 4.6. Властивості місцевості. Вивчення місцевості по карті

Сукупність нерівностей земної поверхні називають **рельєфом місцевості**, а всю решту розташованих на ній об'єктів як природного походження, так і створених людиною – *місцевими предметами*. Всі об'єкти місцевості – рельєф і місцеві предмети – називають *топографічними елементами*.

Топографічні елементи місцевості за ознакою однорідності їх господарського і військового призначення поділяють на такі основні групи: *рельєф, ґрунти і рослинне покриття, гідрографія* (ріки, озера та інші природні і штучні водоймища), *населені пункти, дорожня мережа, промислові, сільськогосподарські і соціально-культурні об'єкти*. Особливу групу складають *об'єкти інженерного обладнання* місцевості, які створені військами (блокпости, загородження, мости, переправи та ін.).

Особливості певної місцевості, які здійснюють той чи інший вплив на організацію, ведення бою і застосування бойової техніки, називають її *тактичними властивостями*. До основних із них відносять: прохідність місцевості, її захисні, маскувальні та інші властивості. У тактичному відношенні місцевість поділяють (додатки И–П):

а) *за ступенем пересіченості* і насиченості її ріками, озерами, рівчакми, балками та ін. перешкодами – *на пересічену (сильно-, середньо- і слабопересічену) і непересічену*;

б) *за ступенем закритості*, підвищенням рельєфу і місцевими предметами (лісами, лісонасадженнями, населеними пунктами), що ускладнюють огляд місцевості, створюють маскуванню від спостереження та укриття – *на відкриту, напівзакриту і закриту*.

Умови спостереження і маскуванню залежать від характеру рельєфу і місцевих предметів: чим більш пересічений рельєф, чим більше різного роду рівчаків, балок, рослинності з деревини і кущів, різного роду будівель, тим менш сприятливі *умови спостереження* і більш сприятливі *умови*

*маскування*. На умови спостереження і маскування впливають пора року, час доби і стан погоди.

**Взаємна видимість точок** визначається під час вибору місць спостереження, а також у випадках, коли необхідно встановити *поля невидимості*. Під час визначення взаємної видимості точок по карті необхідно враховувати не лише позначки абсолютних висот, але і висоту місцевих предметів (лісу, чагарників, будівель) над рівнем земної поверхні. Визначення по карті взаємної видимості зводиться до того, що, не перебуваючи на місцевості, встановити наявність перешкод (топографічних елементів місцевості) у напрямку між точкою спостереження та об'єктом (ціллю) (рис. 1.52).

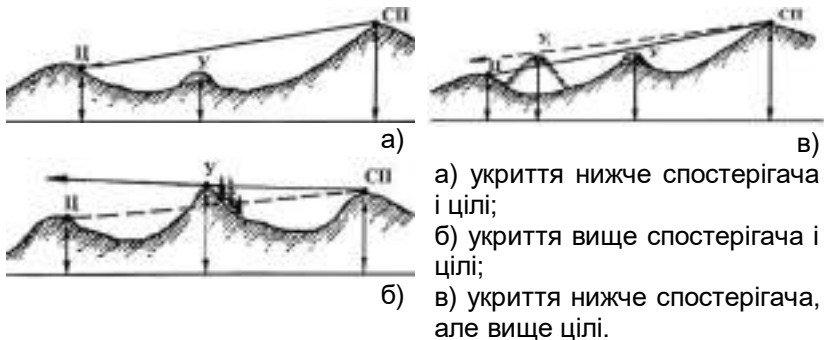


Рис. 1.52. Визначення взаємної видимості точок

Якщо точки знаходяться на одному схилі, то видимість між ними буде залежати від форми цього схилу: на рівному і вигнутому схилах усі точки зазвичай спостерігаються (якщо не перешкоджає рослинність або місцеві предмети), а на випуклому і хвилястому схилах такої видимості може і не бути (рис. 1.53).

У випадку коли висота укриття менше висоти спостережного пункту, але більше висоти цілі, або навпаки, видимість цілі може бути встановлена побудовою трикутника (рис. 1.54).

*Полями невидимості* називають закриті ділянки місцевості, яких не видно з пунктів спостереження. Залежно від

наявності часу їх визначають приблизно (без графічних креслень) або способом побудови профілів місцевості. **Профілем** називають креслення, яке зображує переріз місцевості вертикальною площиною. Напрямок на карті, вздовж якого будується профіль, називається *лінією профілю* (додаток Р).

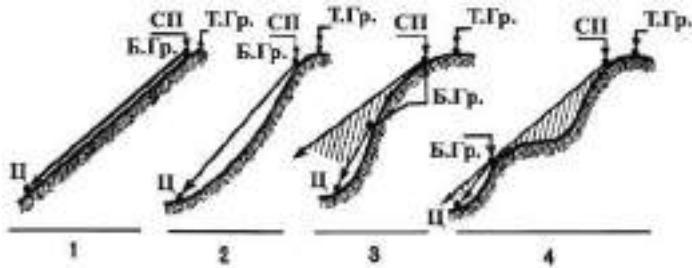


Рис. 1.53. Наявність взаємної видимості точок на одному схилі залежно від форми схилу.

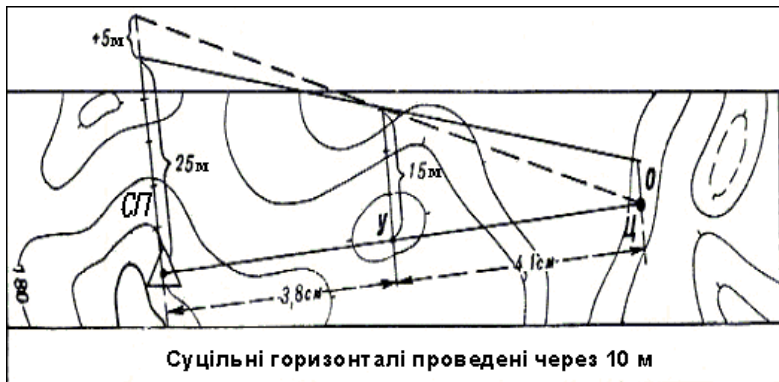


Рис. 1.54. Визначення взаємної видимості точок побудовою трикутника.

Відстань від спостерігача до видимої лінії горизонту називається *дальністю видимого горизонту*. Ця дальність залежить від висоти розташування спостерігача над оточуючою місцевістю. Чим вище точка спостерігача, тим більша дальність видимості (рис. 1.55).

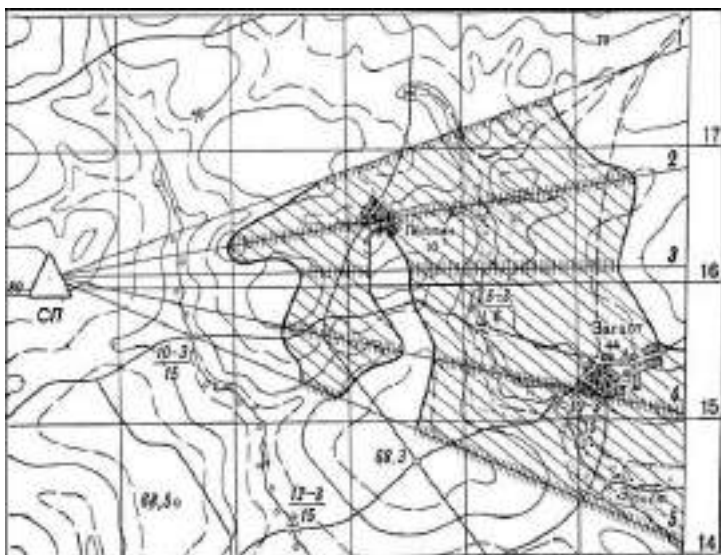


Рис. 1.55. Визначення дальності видимого горизонту і нанесення полів невидимості на карту.

**Прохідність місцевості** характеризуються ступенем її придатності для руху транспорту, її впливом на швидкість пересування, можливість маневрування і дотримання потрібних напрямків руху. Під час пересування поза дорогами ці умови залежать, головню, від характеру рельєфу, ґрунту і рослинного покриття, гідрографічної мережі, а під час руху по дорогах – від їх стану полотна і мостів, наявності об'їздів, а також від характеру і стану населених пунктів, через які проходять дороги.

Місцевість за умовами прохідності за певних погодних і сезонно-кліматичних умов поділяють на *легкопрохідну*, *прохідну*, *важкопрохідну* і *непрохідну* (обмежено прохідну) (табл. 1.1).

#### 4.7. Техніка орієнтування на місцевості

**Орієнтування на місцевості** – комплексне поняття, що включає в себе:

Таблиця 1.1

## Основні показники прохідності місцевості

Характер місцевості	Елементи, які характеризують ступінь прохідності місцевості				Коефіцієнт прохідності
	крутизна схилів, градуси	ширина ярів, м	швидкість течії, м/с	глибина бродів, м	
Легко-прохідна	до 5	до 1,0	до 1,0	0,9	1,0
Прохідна	6–10	до 1,5	до 2,0	1,0	0,75
Важко-прохідна	11–15	2,0	до 2,5	1,2	0,5
Непрохідна	16–20	2,5	понад 2,5	1,4	0,25

- визначення власного місцеположення відносно орієнтирів місцевості;
- визначення сторін горизонту;
- визначення напрямку руху та складання маршруту відповідно цього напрямку.

**Технікою орієнтування** на місцевості вважають сукупність технічних прийомів і засобів, які дають змогу ефективно (із найменшими фізичними й іншими затратами) орієнтуватися на місцевості та вирішувати певні завдання орієнтування.

**Тактикою орієнтування** є вибір технічних прийомів і засобів орієнтування та оптимальної послідовності їх використання, що дає змогу ефективно виконувати певні завдання.

Будь-яке завдання із орієнтування вирішують за допомогою розпізнавання на місцевості та використання орієнтирів місцевості. Місцеположення у просторі визначають відносно одного або декількох, впізнаних на місцевості та позначених на карті об'єктів чи елементів рельєфу (горб, яр, річка тощо).

**Орієнтир** – чіткий, помітний об'єкт місцевості чи деталь рельєфу, відносно якої дослідник визначає власне місцеположення і напрямок подальшого руху (рис. 1.56).

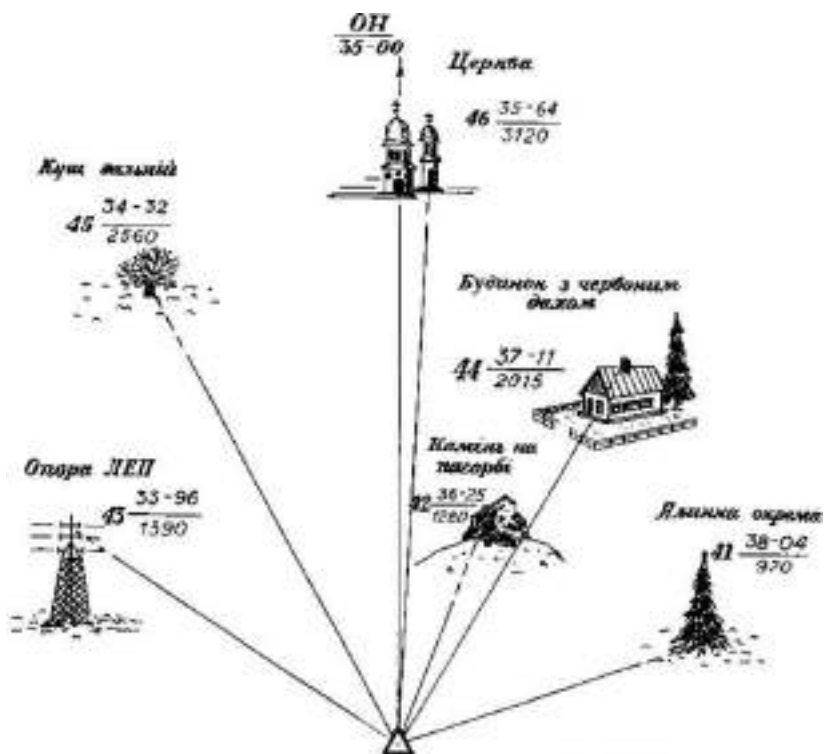


Рис. 1.56. Визначення місцеположення за сукупністю орієнтирів.

Для орієнтування на місцевості слід вміти знаходити напрямки на сторони горизонту, визначати напрямки (вимірювати горизонтальні кути) на оточуючі місцеві предмети і деталі рельєфу та вимірювати відстані до цих орієнтирів.

Горизонтальні кути (напрямки) під час орієнтування вимірюють від будь-якого напрямку, що прийнятий за початковий, до напрямку на предмет (орієнтир). За початковий напрямок під час орієнтування стосовно сторін горизонту приймають напрямок на північ, а під час орієнтування стосовно місцевих предметів – будь-яка уявна пряма лінія, що проведена на місцевості і проходить через точку знаходження та місцевий предмет (орієнтир), що добре спостерігається.

## 4.8. Класифікація орієнтирів місцевості

Орієнтири місцевості поділяють на *точкові, лінійні та площинні (об'ємні)* орієнтири.

**Точкові орієнтири** – це об'єкти на місцевості, зображені на топографічній карті позамасштабними умовними знаками, а також точки пересічення лінійних орієнтирів і точки перелому контурів. Наприклад, точковими орієнтирами на маршруті є міст, окрема будівля, перехрестя доріг, кут межі лісу, серпантин дороги.

**Лінійні орієнтири** – це об'єкти, які мають суттєву довжину на місцевості та відображені на топографічній карті лінійними умовними знаками. Лінійними орієнтирами є дороги, просіки, річки, лінії електропередачі, трубопроводи тощо.

**Площинні орієнтири** – це об'єкти з добре вираженими контурами, які займають на місцевості певну, відносно невелику площу. Характерними прикладами цих орієнтирів є озеро, селище, ділянка лісу порівняно невеликої площі (серед відкритого простору) або, навпаки, ділянка відкритого простору (ріллі) в межах великого лісового масиву.

## 4.9. Орієнтування на місцевості за допомогою карти

*Орієнтування по карті* складається із *орієнтування карти, визначення на ній свого місцезнаходження (точки стояння) і порівняння карти з місцевістю.*

Основними способами орієнтування на місцевості є *орієнтування за картою, за компасом (за сторонами горизонту) і за орієнтирами.* На практиці усі ці способи тісно взаємозв'язані між собою і доповнюють один одного.

Найбільш універсальним способом є орієнтування за топографічною картою. Воно полягає у визначенні за картою точки свого місцезнаходження, у розпізнаванні оточуючих місцевих предметів і подробиць рельєфу шляхом порівняння місцевості з її зображенням на карті, а також у встановленні орієнтирів (рис. 1.57).

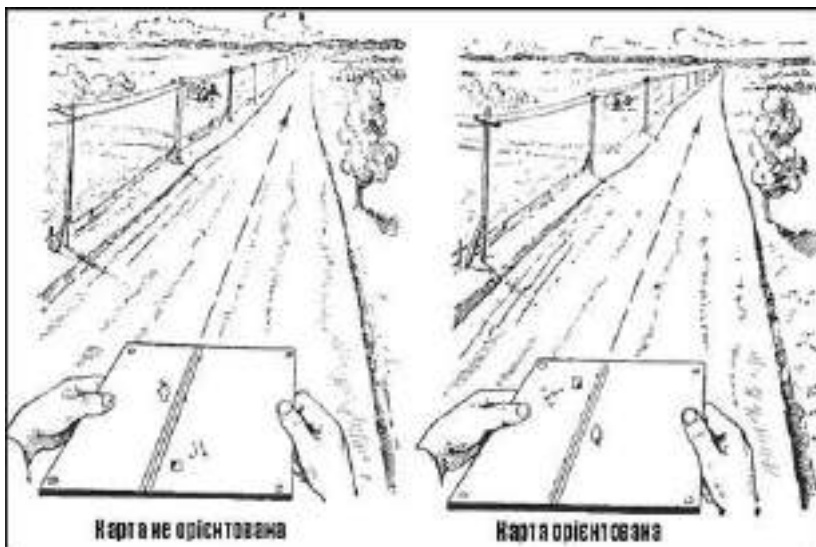


Рис. 1.57. Орієнтування карти за напрямком дороги.

Орієнтування карти проводиться переважно за *лініями місцевості та орієнтирами*. Лише там, де їх немає або не видно, карту орієнтують за компасом. Залежно від завдання, карту орієнтують приблизно – окомірно або ж точно – за допомогою візирної лінійки і компаса.

Перебуваючи на будь-якій лінії місцевості, наприклад, на прямолінійній ділянці дороги, карту найпростіше орієнтувати за напрямком цієї лінії.

Якщо положення точки нашого стояння на карті відоме (наприклад, на перехресті доріг, біля моста, на вершині), то карту можна орієнтувати по напрямку на будь-який орієнтир, що позначений на карті і спостерігається з точки стояння. Для цього прикладають лінійку (або олівець) до двох точок на карті (окреме дерево – точка стояння, міст – орієнтир) і, спостерігаючи вздовж лінійки, повертаються з картою так, щоб вибраний орієнтир опинився на лінії спостереження (рис. 1.58).

Однак на закритій місцевості, на якій недостатньо орієнтирів, наприклад, у лісі чи в пустелі, а також в умовах

поганої видимості (вночі, в туман, снігову завірюху і т. п.) порівняти карту з місцевістю та орієнтуватися по ній досить складно, а іноді зовсім неможливо. У таких випадках як доповнення до карти використовують компас і визначають напрямки за азимутами, тобто орієнтуються за сторонами горизонту.

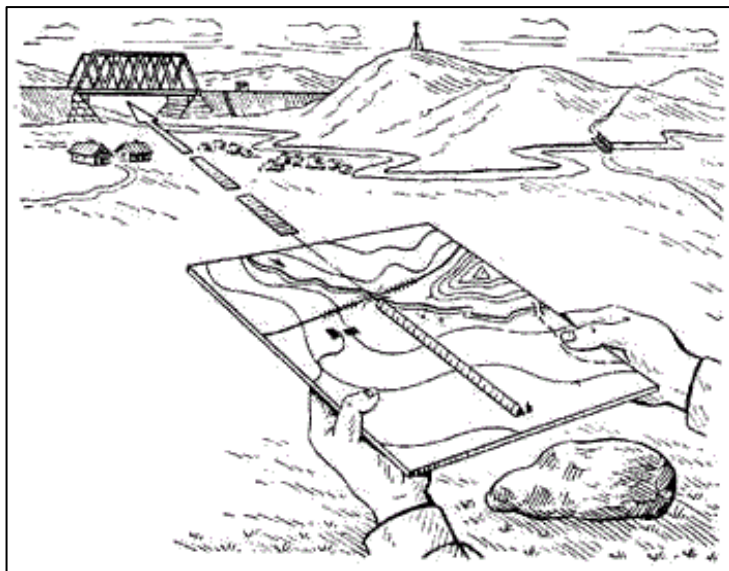


Рис. 1.58. Визначення напрямку на орієнтир.

Компас під час орієнтування карти можна прикладати до будь-якої вертикальної лінії координатної сітки або ж до бокової сторони рамки карти (напрямку істинного меридіана) залежно від того, якою з цих ліній зручніше користуватися, не розгортаючи всієї карти. В обох випадках до показань компаса під час орієнтування карти вводять відповідну поправку: під час установки компаса по лініях координатної сітки – сумарну поправку за магнітне схилення і зближення меридіанів, тобто поправку бусолі (напрямку), а під час установки по боковій стороні рамки карти – тільки поправку на магнітне схилення (рис. 1.59, 1.60).

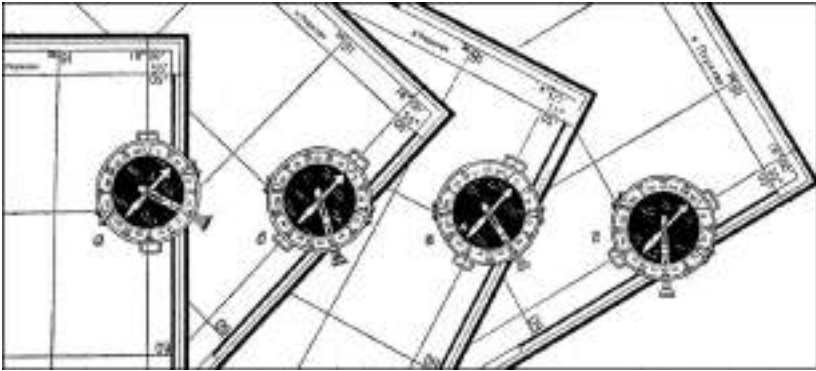


Рис. 1.59. Орієнтування карти за компасом до бокової сторони рамки карти.

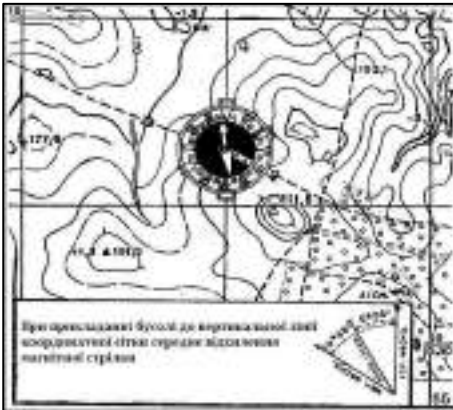


Рис. 1.60. Орієнтування карти по лінії кілометрової сітки

ка співпала з вертикальною лінією координатної сітки або з однією з бокових сторін рамки карти і направлена у північний бік рамки.

**Місцеположення (точка стояння)** визначається на карті за місцевими предметами, характерними формами і деталями рельєфу, що позначені на карті. Найпростіший спосіб це зробити, коли перебуваєш поряд з таким об'єктом-орієнтиром: місце розташування його умовного знаку і буде вказувати на карті точку місцеперебування. В

В першому і другому випадках, якщо поправка додатна, північний кінець магнітної стрілки під час орієнтування карти повинен відходити від лінії, до якої прикладений компас, праворуч на величину поправки, а якщо поправка від'ємна, то ліворуч.

Потім компас встановлюють на карту так, щоб його нульова поділка співпала з вертикальною лінією координатної сітки або з однією з бокових сторін рамки карти і направлена у північний бік рамки.

інших випадках точка стояння визначається різними способами, наприклад за перпендикуляром чи за створом (рис. 1.61).

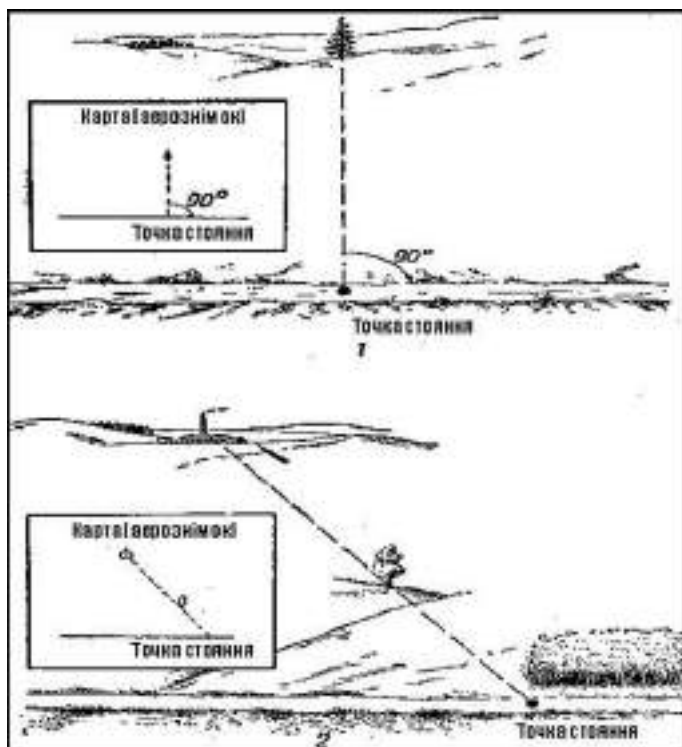


Рис. 1.61. Визначення точки стояння:  
1) за перпендикуляром; 2) за створом.

#### **4.10. Визначення напрямків без технічних засобів орієнтування**

*Напрямки на сторони горизонту* можна визначати за небесними світилами, за окремими ознаками місцевих предметів.

За небесними світилами напрямки на сторони горизонту визначають:

- щодо місцезнаходження Сонця (чим вище Сонце, тим менша точність), або щодо Сонця і годинника;
- щодо Полярної зірки;
- щодо Місяця, або щодо Місяця і годинника.

*Щодо місцезнаходження Сонця* використовують дані (для середніх широт) (табл. 1.2).

Таблиця 1.2

Положення Сонця залежно від періоду року

Положення Сонця	лютий–квітень, серпень–жовтень	травень– липень	листопад– січень
На сході	о 7-й годині	о 8-й годині	не видно
На півдні	о 13-й годині	о 13-й годині	о 13-й годині
На заході	о 19-й годині	о 18-й годині	не видно

*Щодо Сонця і годинника*, то тримаючи перед собою годинник, повертати його так, щоб годинникова стрілка була спрямована в те місце горизонту, над яким знаходиться Сонце; тоді пряма, яка ділить навпіл кут між годинниковою стрілкою і цифрою 1 на циферблаті, покаже своїм кінцем напрямком на південь (рис. 1.62).

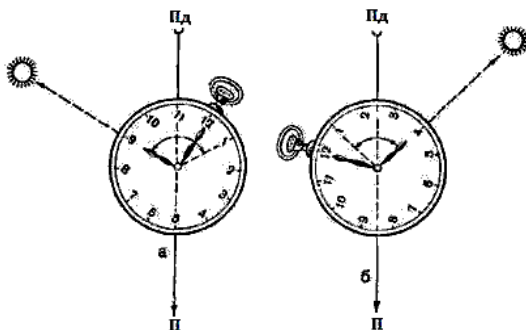


Рис. 1.62. Визначення сторін горизонту за Сонцем і годинником:  
а) до 13-ї години;  
б) опісля 13-ї години.

*Щодо Полярної зірки*. Вночі напрямком істинного меридіана можна визначити по Полярній зірці, яка завжди перебуває у напрямку на північ. Таким чином, якщо встати обличчям до полярної зірки, то прямо перед нами буде знаходитися північ. Щоб знайти на небосхилі Полярну зірку, яка перебуває

у сузір'ї Малої Ведмедиці, потрібно спочатку відшукати сузір'я Великої Ведмедиці; воно постає у вигляді величезного, добре помітного ківшу із семи яскравих, широко розміщених зірок; потім уявно продовжити пряму, що проходить через дві крайні зірки Великої Ведмедиці, на відстань, що дорівнює п'ятикратній відстані між ними (рис. 1.63).

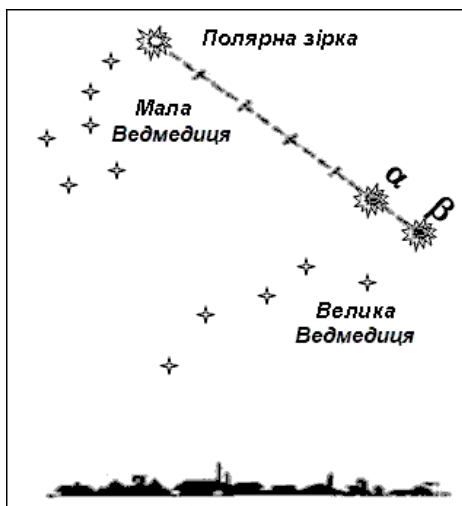


Рис. 1.63. Розшукування Полярної зірки.

*Щодо Місяця та годинника.* При цьому способі слід:

а) окомірно розділити радіус диска Місяця на шість рівних частин та оцінити, скільки таких частин входить до складу поперечника видимого серпа Місяця;

б) якщо Місяць прибуває (спостерігається права частина диска), то отримане число потрібно відняти із години спостереження, яку слід попередньо зазначити; якщо неповний Місяць (видна ліва частина диска Місяця) – вказане число додають до часу спостереження. Отримана сума або різниця вкаже на годину, коли в тому напрямку, де спостерігається Місяць, буде перебувати Сонце;

в) визначивши цей час і використовуючи Місяць за сонце, знайти напрямок на південь, як це робиться під час орієнтування за Сонцем і годинником. Спрямувати на Місяць потрібно не годинну стрілку, а ту поділку на циферблаті

годинника, яка відповідає обчисленому часу. При повному місяці сторони горизонту визначаються точніше, на Місяць слід наводити безпосередньо годинникову стрілку, оскільки в цей період Місяць і Сонце перебувають в одному напрямку (табл. 1.3, рис. 1.64).

Таблиця 1.3

Сторони горизонту відповідно до фаз Місяця

Фаза Місяця	Час		
	19.30	1.00	7.00
Перша чверть	Південь	Захід	—
Повний Місяць	Схід	Південь	Захід
Остання чверть	—	Схід	Південь

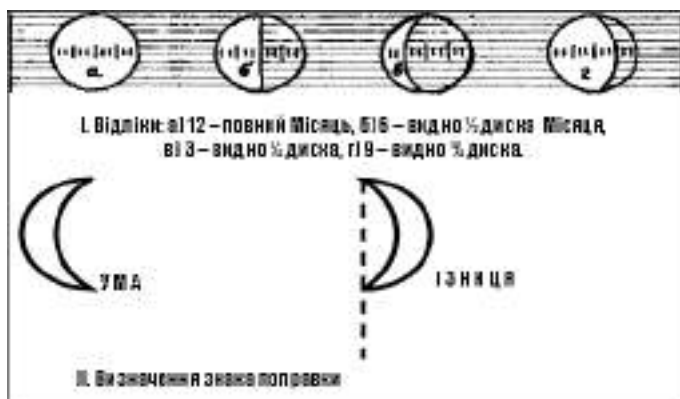


Рис. 1.64. Визначення поправки до показання годинника під час орієнтування за Місяцем.

За ознаками місцевих предметів напрямки на сторони горизонту визначають щодо:

- крони дерев (стовбурів дерев);
- пеньків;
- хрестів на церквах;
- мурашиних гірок;
- моху на камінні;
- схилів ярів та балок.

Мурашники майже завжди розміщені з південного боку дерева, пня або куща. Південна сторона мурашника має пологіший схил, ніж північна. Кора окремих дерев з північної сторони часто буває грубішою, іноді покрита мохом; якщо мох росте по всьому стовбуру, то на північній стороні його більше, особливо біля кореня. Мох покриває велике каміння і скелі з північної сторони. На південних схилах сніг тане швидше, ніж на північних.

## **Лекція 5**

# **ОСНОВНІ ВІДОМОСТІ ПРО ГЕОДЕЗИЧНІ МЕРЕЖІ**

## **5.1. Головні принципи організації геодезичних робіт**

В основі організації та виконання геодезичних робіт лежать два принципи:

1) «від загального до часткового», або «від головного до другорядного»;

2) усі види робіт (польові й камеральні) обов'язково контролюють: «ні кроку без контролю».

*Перший принцип* полягає у тому, що будь-який вид геодезичних робіт має спиратися на достатню кількість раціонально розміщених і надійно (точно) визначених опорних точок. Ці точки становлять основу або *опорну мережу*. Від них визначають положення усіх інших точок, які характеризують положення елементів або частин інженерної споруди, деталей й елементів ситуації або рельєфу місцевості.

Такий принцип організації і виконання геодезичних робіт дає змогу, з одного боку, уникнути швидкого накопичення похибок вимірів, з іншого, – постійно контролювати правильність і точність польових робіт. Точки опорної мережі, що мають високу точність визначення власного положення, є основою, на яку прив'язують другорядні точки деталей.

*Другий принцип організації і виконання геодезичних робіт потребує постійного і систематичного їх контролю. Згідно з цим принципом усі польові вимірювання (кутові, лінійні, висотні тощо) для контролю і підвищення точності виконують декілька разів. Так само усі обчислювальні та інші камеральні роботи супроводжуються контрольними обчисленнями, порівнянням результатів із допусками і нормами точності.*

## **5.2. Геодезичні мережі, їх призначення і класифікація**

**Геодезична мережа** є системою закріплених на земній поверхні геометрично зв'язаних між собою точок, положення яких визначене у прийнятій системі координат і висот. Закріплена на місцевості точка геодезичної сітки називається **геодезичним пунктом**.

Геодезичні мережі поділяють на:

- 1) глобальні;
- 2) національні (державні);
- 3) геодезичні мережі згущення;
- 4) зйомочні геодезичні сітки;
- 5) спеціальні (місцеві) геодезичні мережі.

*Глобальна геодезична мережа* покриває поверхню усієї Землі. Створюється методами космічної геодезії за матеріалами спостережень штучних супутників Землі (рис. 1.65). Положення пунктів визначається в геоцентричній системі прямокутних координат з початком у центрі мас Землі. Глобальну геодезичну мережу використовують для вирішення наукових і науково-технічних задач геодезії, геофізики, астрономії та інших наук, наприклад, для уточнення фундаментальних геодезичних сталих, вивчення фігури і гравітаційного поля Землі, визначення переміщення і деформації плит літосфери земної кори тощо (рис. 1.66). Глобальна геодезична мережа повинна безперервно удосконалюватися шляхом підвищення точності визначення координат її пунктів, що необхідно для ефективнішого вирішення традиційних і нових наукових проблем геодезії та інших наук.

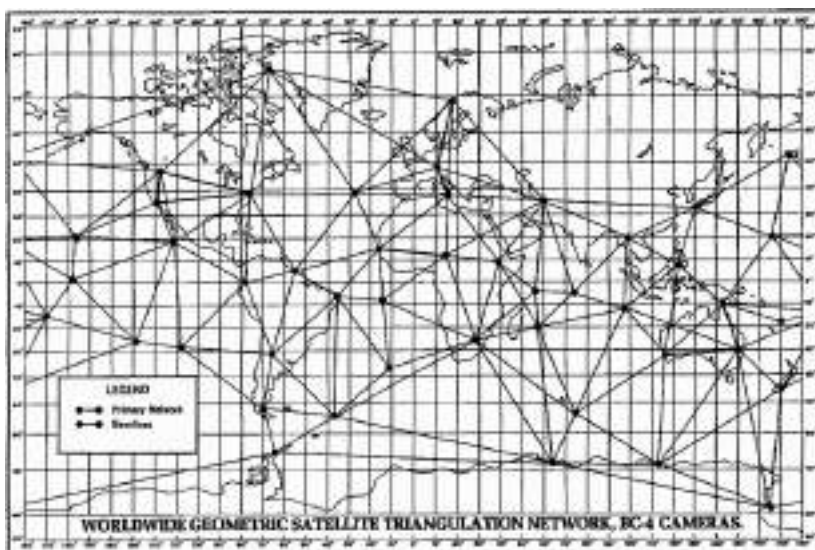


Рис. 1.65. Глобальна супутникова триангуляційна мережа.



Рис. 1.66. Фундаментальні геодезичні мережі.

*Державна геодезична мережа* являє собою основну геодезичну мережу для усіх видів геодезичних і топографічних робіт. Необхідна для створення єдиної системи координат і висот на території країни; детального вивчення фігури і гравітаційного поля Землі та їх змін у часі, виконання топографічних зйомок в єдиній системі координат і висот, надійного контролю якості топографо-геодезичних робіт, вирішення наукових і технічних завдань господарства.

Державна геодезична мережа поділяється на *планову, висотну і планово-висотну мережі*. *Планова геодезична сітка* складається з пунктів, взаємне планове положення яких визначається із найвищою точністю. Створюється методами триангуляції, трилатерації, полігонометрії. Планову сітку поділяють на чотири класи – I, II, III, IV-ий. Класи встановлюють за точністю вимірювання кутів і відстаней, довжиною сторін та порядком послідовного розвитку сітки.

*Планові геодезичні мережі* створюють астрономічним, геодезичним, супутниковим способами. Завдяки супутниковому методу в Україні розроблено нову систему координат УСК-2000. *Висотна геодезична сітка* створюється переважно методами геометричного нівелювання з початком відліку висот від нуля Кронштадтського футштока. Вона об'єднує нівелірні сітки I, II, III і IV-го класів. Розрізняють державну та знімальну нівелірні сітки. *Планово-висотні геодезичні мережі* визначають як планове, так і висотне положення пунктів з необхідною точністю.

*Геодезичні мережі згущення* створюються в окремих районах при недостатній кількості пунктів державної геодезичної мережі. *Знімальні геодезичні сітки* – на їх основі безпосередньо проводять зйомку контурів рельєфу місцевості, інженерно-геодезичні роботи при будівництві споруд.

### **5.3. Державна геодезична мережа України**

Планова державна геодезична мережа України побудована відповідно до вимог основних положень про державну геодезичну мережу СРСР 1954–1961 рр. і була складовою державної геодезичної мережі СРСР. Вона задовольняла

вимоги господарства, вирішення наукових та інженерно-технічних задач, потреб оборони країни.

У 1999 р. в Україні створено систему приблизно рівномірно розміщених пунктів. Їх координати визначались поетапно від загального до часткового. За точністю та методами визначення вона складалась:

- із рядів триангуляції та ходів полігонометрії I-го класу;
- мережі триангуляції та полігонометрії II-го класу;
- геодезичних мереж III і IV-ого класів.

Планова державна геодезична мережа України складається з 519 пунктів I-ого класу, 5 386 пунктів II-ого класу, 13 633 – III і IV-ого класів (всього 19 538 пунктів) (рис. 1.67).

*Геодезична мережа згущення III-ого класу* забезпечує щільність пунктів до 2–10 км і створюється супутниковим методом, триангуляції, полігонометрії та трилатерації. Похибка визначення взаємного положення пунктів не повинна перевищувати 0,05 м.

*Висотна державна геодезична мережа* України побудована у 1961 р. і складається з нівелірних мереж I, II, III і IV-ого класів, створених методом геометричного нівелювання. Лінії нівелювання I і II-ого класів є головною висотною основою України, яка забезпечує галузі господарства, оборону країни, розв'язання науково-технічних завдань. Їх прокладено вздовж головних автомобільних і залізничних шляхів. Довжина ліній нівелювання I-ого класу становить 11 975 км, а II-ого класу – 11 900 км (рис. 1.68).

*Геопортал Державної геодезичної мережі* розроблений в Науково-дослідному інституті геодезії і картографії. Геопортал є складовою національної інфраструктури геопросторових даних, який призначений для підтримки мобільності обміну різноманітних геопросторових даних на основі використання єдиної координатної основи України. Сукупність геоінформаційних сервісів геопорталу забезпечує в режимі online:

- загальне ознайомлення користувачів з Державною геодезичною мережею України;
- доступ до відомостей про систему координат УСК-2000;

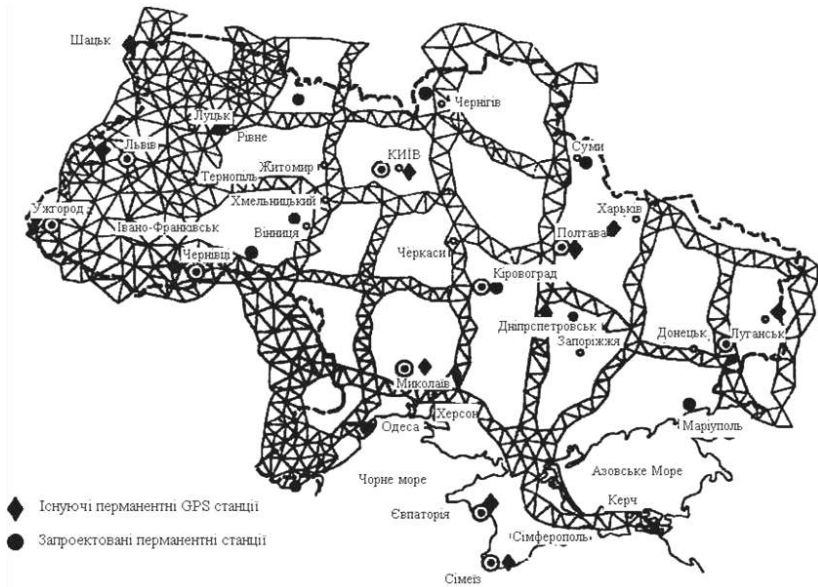


Рис. 1.67. Планова державна геодезична мережа України.



Рис. 1.68. Державна висотна основа України: 1 – лінії нівелювання I-ого класу; 2 – лінії нівелювання II-ого класу.

- ознайомлення з місцеположенням геодезичних пунктів на певній території;
- отримання довідок про технічні характеристики геодезичних пунктів та ін.

Від 2013 р. в Україні забезпечили доступ до основних даних державного земельного кадастру. У *Публічній кадастровій карті України* можна знайти інформацію про кадастровий номер земельної ділянки, її межі, площу, форму власності, цільове призначення, згідно із класифікатором. Пошук земельної ділянки можна робити за кадастровим номером або за місцезнаходженням земельної ділянки.

#### **5.4. Геодезичні мережі згущення та знімальні мережі**

При топографічних зніманнях для складання карт і планів щільність пунктів опорної геодезичної мережі залежить від масштабу карти або плану. Необхідно забезпечити в середньому не менше одного пункту будь-якого класу та одного репера нівелювання при зніманнях у масштабах:

- 1 : 25 000 і 1 : 10 000 – планового на 50–60 км<sup>2</sup>; висотного – на 40–60 км<sup>2</sup>;
- 1 : 5 000 – планового на 20–30 км<sup>2</sup>; висотного – на 5–7 км<sup>2</sup>;
- 1 : 2 000 – планового на 5–15 км<sup>2</sup>; висотного – на 5–7 км<sup>2</sup>.

За крупномасштабних знімань забудованих територій, промислових підприємств тощо такої щільності пунктів планової та висотної основ недостатньо.

Для збільшення кількості пунктів опорної геодезичної мережі на вказаних територіях проводять згущення наявних пунктів планової та висотної мереж шляхом побудови *мереж згущення*. *Планові геодезичні мережі згущення* розвивають методами триангуляції і полігонометрії. Середня квадратична похибка вимірювання кутів у триангуляції та полігонометрії становить 5–10".

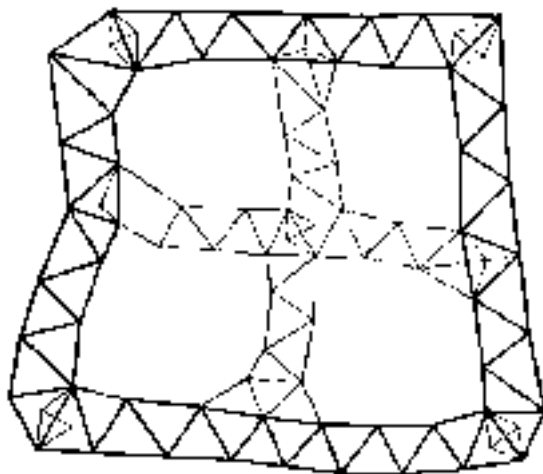
Технічне нівелювання виконується методами геометричного чи тригонометричного нівелювання. Середня квадра-

тична похибка не повинна перевищувати  $\pm 17$  мм на 1 км нівелірного ходу або полігона.

*Знімальна геодезична мережа* створюється для подальшого згущення пунктів планової та висотної державних геодезичних мереж та мереж згущення безпосередньо для виконання топографічних знімальних місцевості та при розв'язанні інженерно-геодезичних задач під час зведення інженерних споруд.

## **5.5. Методи створення державної геодезичної мережі**

Пункти державної геодезичної мережі визначені на всій території країни в єдиній системі координат. В цьому випадку результати знімальних робіт будуть отримані також в єдиній системі, незалежно від послідовності їх виконання в окремих районах країни, що забезпечує поєднання розрізаних знімальних матеріалів в єдину топографічну карту держави. Для території України прийнята єдина система координат, яка діє з 1942 р. – СК-42. В Україні розроблено нову систему координат УСК-2000, яка знаходиться на етапі впровадження.



*Рис. 1.68.* Триангуляційна сітка.

Основними методами визначення планового положення пунктів геодезичної мережі на поверхні Землі є методи *триангуляції*, *трилатерації* і *полігонометрії* (рис. 1.69). Висотна мережа реперів створюється методом *геометричного нівелювання*.

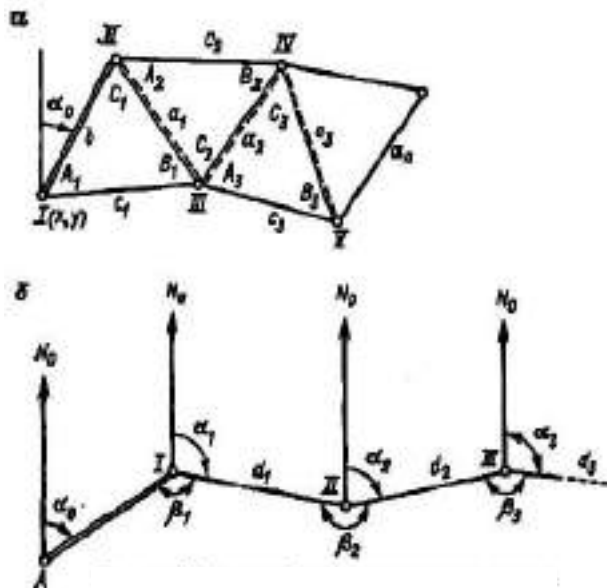


Рис. 1.69. Методи побудови геодезичних мереж: а) триангуляція і трилатерація; б) полігонометрія.

**Триангуляцією** (від лат. *triangulum* – трикутник) називають побудовані на місцевості системи трикутників, що примикають один до одного. Вершини трикутників є *пунктами триангуляції*. В трикутниках вимірюють всі кути і довжину хоча б однієї сторони, яка називається *базисом* або *базисною стороною*. Системи трикутників будують у вигляді рядів або сіток.

**Трилатерацією** (від лат. *trilaterus* – тристоронній) є метод побудови планової геодезичної мережі у вигляді трикутників, що примикають один до одного, в яких вимірюють довжини всіх сторін. Вже із вирішення трикутників знаходять

їх кути, а потім обчислюють координати всіх вершин трикутників.

**Полігонометрія** (від грец. *poligonos* – багатокутний) – метод побудови геодезичної мережі у вигляді системи замкнених або розімкнених ламаних ліній, в яких безпосередньо вимірюють всі елементи: кути повороту і довжини сторін. Кути в полігонометрії вимірюють точними теодолітами, а сторони – мірними дротами або світловід-далемірами.

Можлива побудова геодезичних мереж комбінуванням трьох перерахованих методів.

Система УСК-2000 створена шляхом фіксації системи ITRS за параметрами масштабу, фіксованого зсуву початку системи координат та орієнтації системи на 2005 р. В якості поверхні відліку системи координат УСК-2000 прийнятий еліпсоїд Красовського.

## 5.6. Закріплення пунктів геодезичних мереж

Геодезичні пункти необхідні для виконання топографічних зйомок, оновлення карт і планів, при вишукуванні споруд, корисних копалин тощо, розроблені генеральних планів, зведенні і розміщенні споруд. Тому пункти державних геодезичних мереж і мереж згущення (планових і висотних) повинні бути надійно закріплені для тривалого зберігання. Геодезичні пункти закріплюють ґрунтовими та стіновими знаками *постійного*, а для знімальних мереж – *тимчасового*, типу.

Пункти триангуляції, трилатерації і полігонометрії закріплюють на місцевості закладанням у землю спеціальних знаків – **реперів**. Залежно від кліматичних умов і фізичних властивостей ґрунту конструкції реперів бувають різними (рис. 1.70).

Для спостереження над центрами закріплених пунктів планових державних геодезичних мереж встановлюють зовнішні знаки у вигляді турів, пірамід, простих і складних сигналів. Для вимірювання кутів над кожним знаком триангуляції (трилатерації) будують геодезичні дерев'яні або металеві знаки – *піраміди* (сигнали) (додаток С).

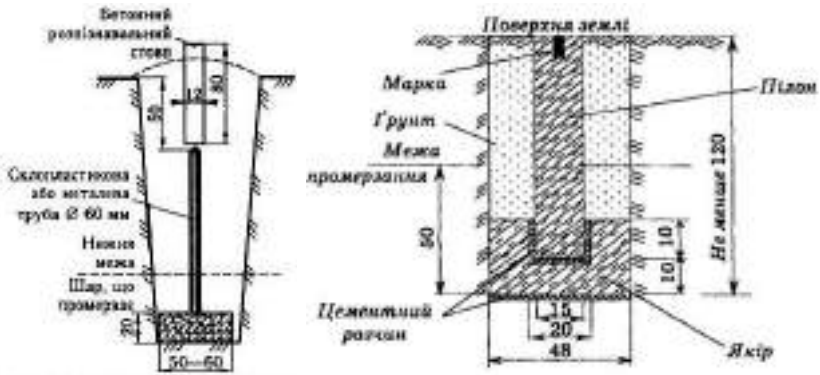


Рис. 1.70. Види бетонних і ґрунтових реперів.

*Стінові знаки* постійного типу закладають у капітальні будинки і споруди з надійними фундаментами, в яких завершився період осідання (додаток Т).

## Лекція 6

# ТОПОГРАФІЧНЕ ЗНІМАННЯ ДІЛЯНОК МІСЦЕВОСТІ

## 6.1. Основні відомості про топографічне знімання

Вимірювання на місцевості, в результаті якого дістають географічне зображення території, називають **зніманням**. Воно включає знімання ситуації (контурів і місцевих об'єктів) та рельєфу і проводиться разом чи окремо. Точку, з якої знімають, називають **станцією**. На місцевості вона позначається забитим у землю кілочком.

*Знімання ситуації* передбачає знімання у горизонтальній площині, тобто знімання планове, контурне. У результаті знімання контурів ситуації дістають контурний план, тобто плоске зображення місцевості на аркуші паперу у заданому масштабі.

*Знімання рельєфу* є зніманням у вертикальній площині, тобто нівелювання. Під час знімання рельєфу виділяють характерні знімальні точки, які називаються *пiкетними*. Їх вибирають на вершинах і підошвах горбів, на тальвегах лощин і ярів та на їх брівках, на сідловинах, на дні улоговин та на їх краях, на всіх перегибах схилів, на точках, які показують напрям схилів і напрям лощин та гребенів. У результаті нівелювання дістають профіль або топографічний план із горизонталями.

Основними роботами під час знімань є *лінійні, кутові та висотні вимірювання*. Наземні знімання ділянок місцевості залежно від призначень, тобто від того, яку кінцеву продукцію треба отримати (план, топографічний план, профіль), поділяють на *горизонтальні (планові), вертикальні (нівелювання) та висотно-планові (топографічні)*.

**Горизонтальне знімання** – це знімання у горизонтальній площині, тобто знімання планове, контурне.

**Вертикальне знімання (нівелювання)** здійснюють для визначення висоти місцевості, для висотних характеристик об'єктів ситуації, розташованих на фізичній чи топографічній поверхні, і для зображення рельєфу горизонталями.

За результатами *топографічного знімання* створюють топографічний план із зображенням ситуації і рельєфу у заданому масштабі. Для проведення топографічних знімань на місцевості закріплюють пункти, місцеположення яких обчислено у прийнятій системі координат. Сукупність таких пунктів становить *знімальну основу*. Розрізняють *планову знімальну основу* (коли для пунктів основи визначено координати  $X$  і  $Y$ ), *висотну знімальну основу* (коли визначено висоту пунктів над вихідною поверхнею) та *планово-висотну знімальну основу* (коли пункти мають як планові, так і висотні координати).

## **6.2. Способи топографічного знімання**

Знімальну основу можна будувати різними способами. Основним видом планово-знімальної основи під час топографічного знімання є *теодолітний хід*.

**Теодолітним ходом** називають побудований на місцевості зімкнутий або розімкнутий багатокутник, в якому горизонтальні кути вимірюють теодолітом, а довжини сторін – землемірними стрічками та рулетками або оптичними віддалемірами, які забезпечують встановлену точність (рис. 1.71). Зімкнутий теодолітний хід також називають **полігоном**. Для порівняно невеликих ділянок знімальна основа може бути у вигляді полігона або одного ходу.

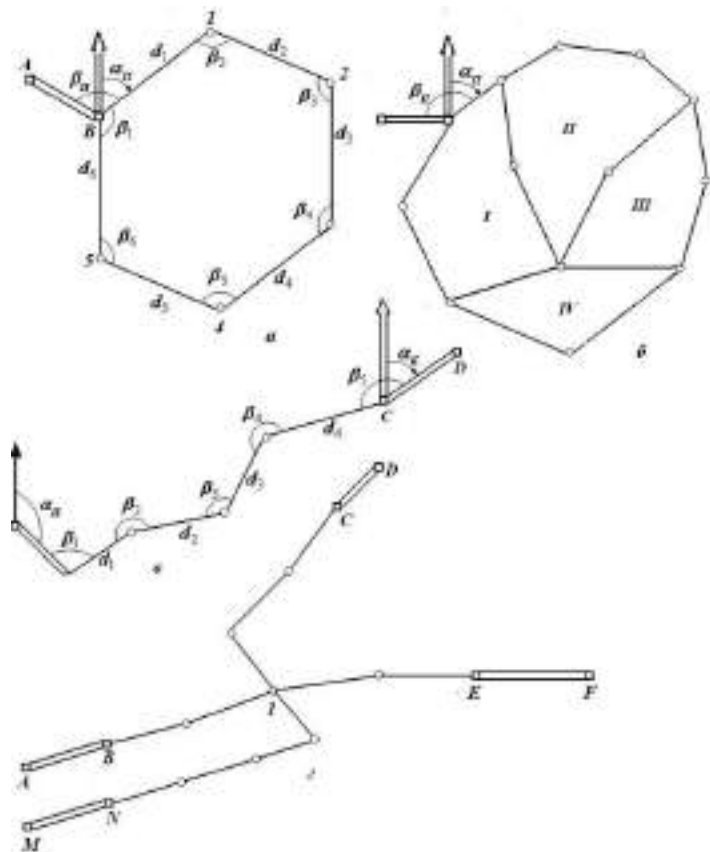


Рис. 1.71. Види теодолітних ходів: а) замкнений полігон; б) система ходів; в) розімкнений хід; г) система ходів із вузловою точкою 1.

Знімання ситуації місцевості полягає у визначенні положення характерних точок контурів і місцевих об'єктів відносно вершин і сторін робочої основи (знімальної мережі). Для одержання планового розміщення об'єктів застосовують такі способи знімань: *перпендикулярів, полярних координат, засічок, обходів, створів*.

**Спосіб перпендикулярів** (ординат або прямокутних координат) полягає в тому, що розміщення окремих точок місцевості визначають відносно базису чи сторони полігона. За вісь абсцис зазвичай слугує пряма лінія (вона ж базис), а перпендикулярні до неї напрями відіграють роль ординат. Спосіб перпендикулярів часто застосовують під час знімання витягнутих кривих і ламаних контурів, об'єктів місцевості, розташованих поблизу сторін полігона, а також визначення відстаней, недоступних для безпосереднього вимірювання (рис. 1.72).

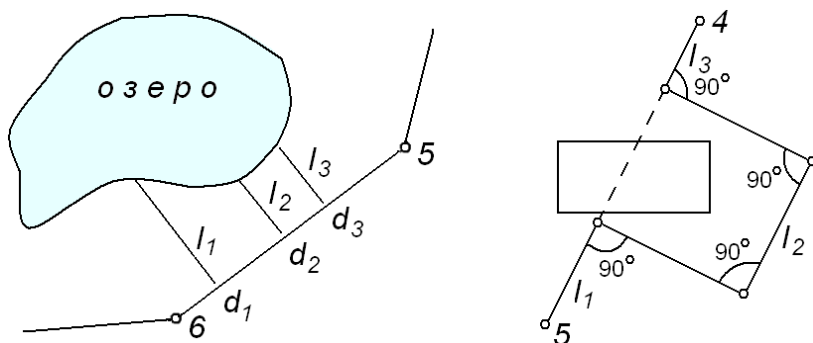


Рис. 1.72. Знімання способом перпендикулярів.

**Спосіб полярних координат** застосовують під час знімання ситуації на відкритій слабзорозчленованій місцевості. Положення будь-якої точки на площині визначають полярним кутом  $\beta$ , утвореним *полярною віссю* і напрямом на точку, яку знімають, та відстанню (радіусом-вектором) від полюса до цієї точки. Полюсом знімання є центр компаса чи іншого кутомірного приладу, встановленого на станції (точці знімальної мережі). За полярну вісь приймають північний напрям

магнітного меридіана або напрям на візирну ціль (віху, рейку) передньої станції (рис. 1.73).

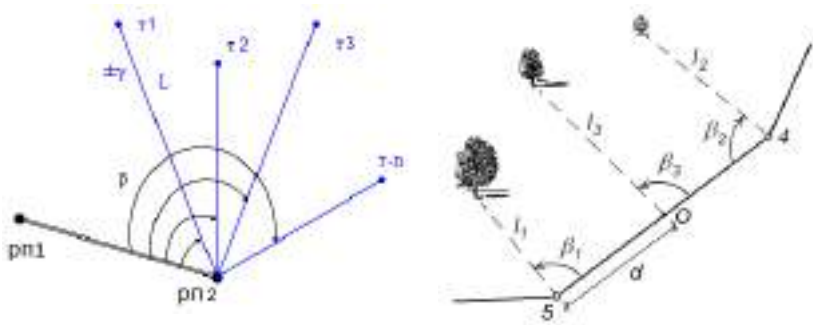


Рис. 1.73. Знімання способом полярних координат.

**Спосіб засічок.** Під час знімання важкодоступних або віддалених точок на відкритій місцевості застосовують спосіб кутових засічок. Для цього кутомірним приладом вимірюють кути  $\gamma$  і  $\delta$  в точках 3 і 4 між стороною полігона і напрямом на дерево, яке знімають (рис. 1.74). Дерево на плані буде одержане в перетині напрямів, побудованих за цими кутами. Найліпші результати одержують, коли кут при шуканій точці близький до  $90^\circ$ ; засічки під кутом до  $30^\circ$  і понад  $150^\circ$  дають неточні положення знімальних точок.

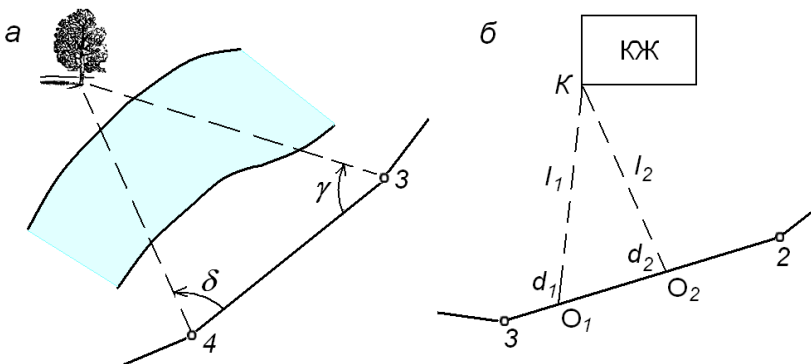


Рис. 1.74. Знімання способом засічок: а) кутових; б) лінійних.

У разі знімання доступних об'єктів із чіткими обрисами (будівлі, інженерні споруди тощо), розташованих поблизу сторін полігона, можна застосувати *спосіб лінійних засічок*. У цьому випадку з двох вихідних точок вимірюють два лінійні відрізки до точки, яку знімають (див. рис. 1.74). Тоді положення шуканої точки на плані одержать у перетині виміряних відрізків, відкладених у масштабі від вихідних точок.

**Спосіб обходу** застосовують у закритій місцевості для знімання об'єктів, які не можна зняти з точок і сторін робочої основи (полігона). У цьому випадку навкруги об'єкта, який знімають, прокладають додатковий знімальний хід з прив'язкою до основного ходу. Межі контуру знімають від сторін додаткового ходу способом перпендикулярів. Якщо контур об'єкта, який знімають, має прямолінійні межі (сільськогосподарські угіддя, лісонасадження, забудови тощо), то знімальний хід прокладають безпосередньо вздовж меж об'єкта. В цьому випадку обриси ходу і будуть контурами знімального об'єкта (рис. 1.75).

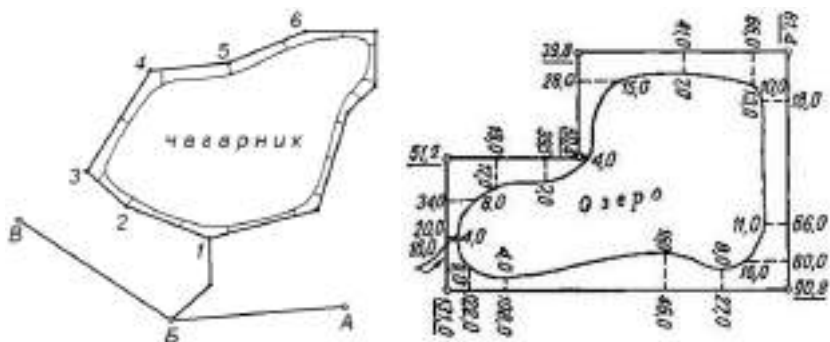


Рис. 1.75. Знімання способом обходу.

**Спосіб створів (промірів)** застосовують у випадках, коли межі ситуації перетинають сторони полігона або продовження сторін, для визначення положення допоміжних опорних точок, під час знімання забудованих територій, аеродромів, особливо у поєднанні зі способами перпендикулярів та лінійних засічок (рис. 1.76). При проведенні вишу-

кувань інших інженерних об'єктів метод створів застосовують зрідка.

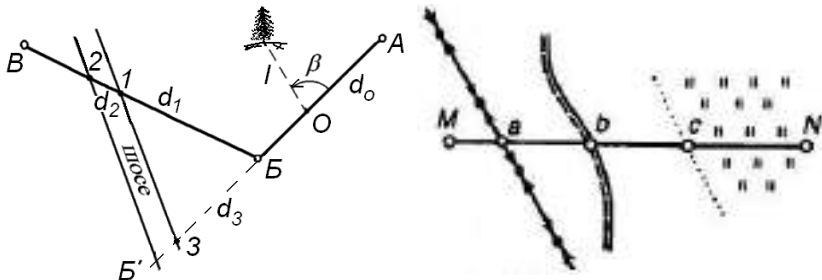


Рис. 1.76. Знімання способом створів (промірів).

Залежно від характеру та виду об'єкта, що знімають, рельєфу місцевості та масштабу, в якому потрібно скласти план застосовують той чи інший спосіб знімання ситуації. Результати вимірювань під час знімання ситуації заносять на схематичний рисунок місцевості – **абрис (зарис)**, масштаб якого приймають довільним (рис. 1.77).

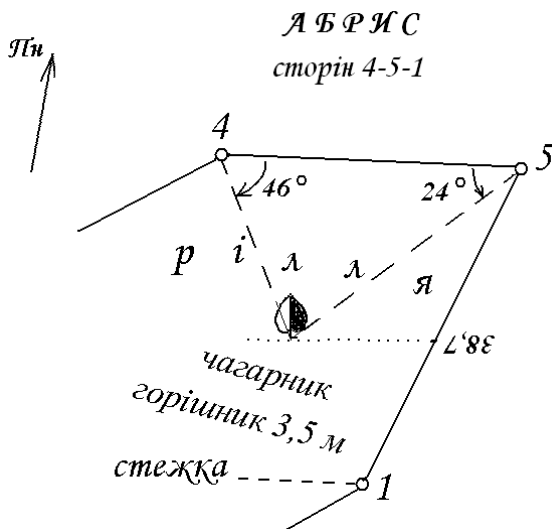


Рис. 1.76. Абрис (зарис).

На абрисі олівцем наносять взаємне розміщення вершин теодолітного ходу, ліній та місцевих предметів, подають елементи рельєфу, числові значення вимірювань та інші відомості, потрібні для складання карти (плану) у відповідному масштабі. Абрис має бути орієнтований по сторонах світу. Розмір абриса має забезпечувати чітке і точне розміщення на ньому всіх графічних побудов і записів. Абрис є основним документом знімання і матеріалом для складання плану місцевості.

### 6.3. Будова теодолітів

**Теодолітом** називається прилад, призначений для вимірювання горизонтальних і вертикальних кутів, відстаней за далекомірними нитками, а також азимутів (румбів) за допомогою накладної бусолі.

Теодоліти бувають різних конструкцій. Вони мають різний зовнішній вигляд, але назви основних частин у всіх типів теодолітів та їх призначення однакові. За точністю вимірювання кутів згідно з існуючими стандартами теодоліти поділяються на *високоточні* (похибка вимірювання до 1"), *точні* (похибка до 10") та *технічні* (похибка понад 10"). За принципом зняття відліків теодоліти поділяються на *оптичні* (рис. 1.77) та *електронні* (рис. 1.78). Усі сучасні теодоліти виготовляють зі скляними лімбами і тому називаються оптичними.



Рис. 1.77. Оптичний теодоліт.



Рис. 1.78. Електронний теодоліт.

Основними його частинами є горизонтальний кутомірний круг, вертикальний кутомірний круг, зорова труба, яка кріпиться на колонках, система циліндричних рівнів. Кутомірні круги мають співвісні з ними аліади з відліковими пристроями. Теодоліт кріпиться на штативі підставкою із трьома підйомними гвинтами (рис. 1.79). Під кожухом знаходиться лімб, який служить для вимірювання горизонтальних кутів (має рівномірну кутову шкалу).

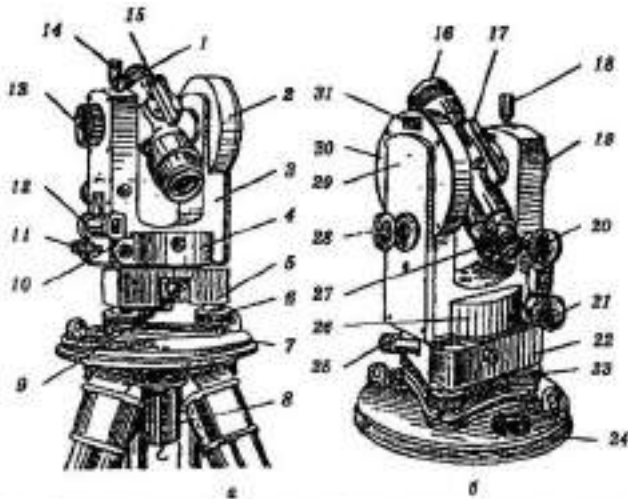


Рис. 1.79. Теодоліт Т100П: 1 - зорова труба; 2, 30 - вертикальний круг; 3, 29 - колонки труби; 4, 26 - горизонтальний круг; 5, 23 - підставка теодоліта; 6, 22 - відйомний гвинт; 7, 24 - віська; 8 - штативний гвинт; 9 - закріпний гвинт лімба горизонтального круга; 10 - внутрішні гвинти циліндричного рівня; 11 - закріпний гвинт аліади горизонтального круга; 12 - циліндричний рівень; 13, 19 - гвинт керування; 14, 18 - закріпний гвинт труби; 15, 17 - вісь зорової труби; 16 - зорова труба; 20 - мікрометричний окладний гвинт зорової труби; 21 - мікрометричний окладний гвинт аліади горизонтального круга; 22 - мікрометричний окладний гвинт лімба горизонтального круга; 27 - окуляр відйомного мікроскопа; 28 - дзеркальце; 31 - гні для закріплення брусок

Шкала виконана радіальними штрихами з позначенням градусних поділок за годинниковою стрілкою. Довжина дуги лімба між двома сусідніми штрихами у градусному вимірі має назву ціни поділки лімба.

Вісь горизонтального круга збігається із вертикальною віссю, навколо якої обертається прилад. Горизонтальна вісь з'єднує зорову трубу і вертикальний круг з аліадою,

при цьому труба і круг насаджені на вісь наглухо, а алідада з відліковим пристроєм – вільно.

Зорова труба обертається навколо осі через zenit, тому вертикальний круг може знаходитися справа від труби (це положення *круг праворуч – КП*) та зліва (положення *круг ліворуч – КЛ*). Лімб закріплюється затискним гвинтом, а мікрометричним гвинтом наводиться точно на потрібну точку. Аналогічно є закріпний та мікрометричний гвинти алідади.

У передній фокальній площині окуляра розташована сітка ниток, яка дає змогу окрім візування напрямів визначати відстані за допомогою нитяного віддалеміру (рис. 1.80). Вертикальний круг приладу має подібну будову до горизонтального. Вісь обертання лімба та алідади співпадають.

Теодоліт є оптичним і влаштований так, що зображення шкал із горизонтального та вертикального кругів передаються на мікроскоп, який знаходиться поруч із зоровою трубою. Це підвищує точність і зручність у роботі з приладом – у полі зору мікроскопа спостерігаються відліки одразу із двох кругів (рис. 1.81).

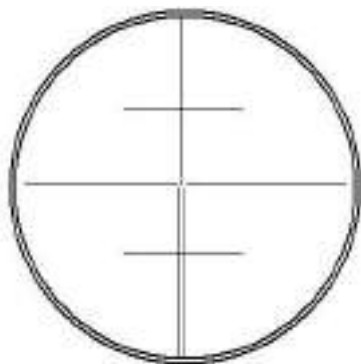


Рис. 1.80. Сітка ниток зорової труби.

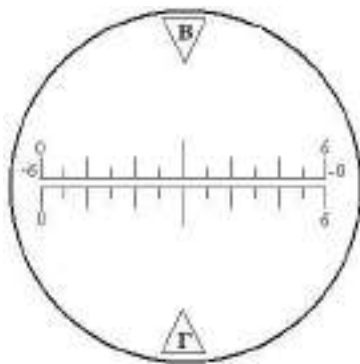


Рис. 1.81. Поле зору відлікового мікроскопу.

Штриховий мікроскоп – це оптичний пристрій, у полі зору якого видно відлікові штрихи алідади; відносно нього переміщуються зображення поділок лімбів горизонтального (*ГК*) і вертикального (*БК*) кругів. Ціна поділки алідади  $5'$ .

*Штатив* служить для встановлення приладу над вершиною кута. До *верхньої частини (голівки) штатива* за допомогою *станового гвинта (25)* прикріплюється теодоліт (рис. 1.82). На головку штатива спирається *основа (1)* з трьома *піднімальними гвинтами (15)* і *підставкою (13)*, яку ще називають *трегер*. Піднімальні гвинти розташовані через  $120^\circ$  один від одного. Їхнє призначення – приводити прилад у горизонтальне положення за допомогою *циліндричного рівня (5)*.

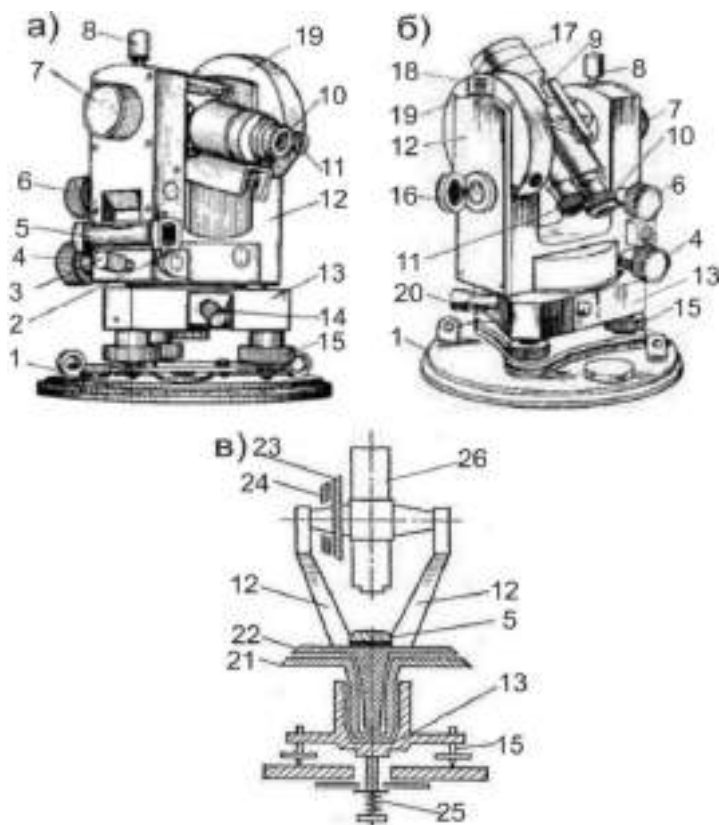


Рис. 1.82. Загальний вигляд і будова теодоліта 2Т30:  
 а) вигляд при крузі праворуч; б) вигляд при крузі ліворуч; в) схематичний розріз.

Для вимірювання горизонтальних і вертикальних кутів слугують *кутомірні круги теодоліта* – відповідно *горизонтальний* (позначається *ГК*) і *вертикальний* (*ВК*) (19). Круги складаються із *лімба* (*ГК* – (21), *ВК* – (23)) та *алідади* (*ГК* – (22), *ВК* – (24)). **Лімба** – це скляний круг, який розмічений поділками від 0 до 360° за рухом годинникової стрілки. При вимірюванні кута лімба є нерухомим і горизонтальним. Вісь алідади вміщується у вісь лімба. На **алідаді** нанесено відліковий пристрій у вигляді шкали, за допомогою якої знімається відлік за лімбом.

Над *трегером* (13) розміщена верхня частина теодоліта, яка називається *алідадною*. Вона обертається навколо вертикальної осі теодоліта і складається з *алідади* *ГК* (22), *колонок* (12), на яких кріпиться *зорова труба* (26) та *вертикального круга* (19).

Зорова труба може обертатися навколо своєї осі обертання від 0 до 360°. На одному з кінців осі обертання труби закріплений вертикальний круг. Під час вимірювань вертикальний круг може розміщуватись від зорової труби ліворуч (*круг ліворуч* – *КЛ*) або праворуч (*круг праворуч* – *КП*). Лімба (23) *ВК* наглухо скріплений із зоровою трубою та обертається разом з нею, а *алідада* (24) *ВК* – нерухома.

*Зорова труба* (26) має *об'єктив* (17), *окуляр* (10), *фокусуючий гвинт* (*кремальєру*) (7), *візир* (9), *закріпний гвинт* (8) і *мікрометричний* (*навідний*) *гвинт* (6). За допомогою *фокусуючого гвинта* досягається чітке зображення предмета у полі зору труби, а за допомогою *окуляра* – чітке зображення сітки ниток. *Візир* призначений для швидкого попереднього наведення на точку. *Закріпний гвинт* закріплює трубу у будь-якому положенні, а *мікрометричний гвинт* дозволяє повільно та плавно обертати трубу при точному наведенні на потрібну точку (*навідний гвинт* працює лише при закріпленому закріпному гвинті). Закріпний і навідний гвинти мають також лімба й алідада горизонтального круга: (3) – *закріпний гвинт алідади* *ГК*, (4) – *навідний гвинт алідади* *ГК*, (14) – *закріпний гвинт лімба* *ГК*, (20) – *навідний гвинт лімба* *ГК*.

Для підвищення точності відліку застосовують спеціальний пристрій – *відліковий мікроскоп* (11), в поле зору якого

передається зображення штрихів лімбів *ГК* і *ВК* та шкали. Для підсвічування відліків використовується *дзеркало* (16).

Крім того в комплект теодоліта входить *орієнтир-бусоль*, яка призначена для вимірювання магнітних азимутів. Для її кріплення в теодоліті є спеціальний *лаз* (18) на колонці зорової труби.

Окрім зазначених моделей традиційних теодолітів, існують інші їхні різновиди. Це також високоточні теодоліти, такі як *тахеометри* (різновид моделі електронного пристрою з оптичним і лазерним наведенням) (рис. 1.83).



Рис. 1.83. Електронні тахеометри.

Сучасні види та моделі теодолітів часто оснащуються електронікою, що дає змогу обчислювати і запам'ятовувати координати точок на місцевості, автоматично переводити результати вимірювань у потрібну систему координат або відсоткові показники, виключити помилки зняття значень та їх записів. Усі ці функції виконує мікропроцесорна система управління.

Додаткові зручності (наприклад, підсвічування шкали екрану) дозволяють проводити роботу в умовах зниженої освітленості. Такий електронний теодоліт може бути оснащений лазерними покажчиком і схилом, що значно підвищує точність вимірювань і перетворює його у тахеометр (або лазерний теодоліт).

## 6.4. Підготовка теодоліта до вимірювання

Приведення теодоліта в робоче положення включає *центрування, горизонтування приладу й фокусування зорової труби.*

**Центрування** – це встановлення центра лімба або осі аліадади на одній прямовисній лінії з вершиною кута, що вимірюється. Для центрування використовують нитковий висок. Для центрування теодоліт встановлюють над вершиною кута так, щоб головка штатива була наближено горизонтальною, а висок знаходився над кілочком, який позначає вершину кута (рис. 1.84). Ніжки штатива встановлюють у ґрунт натисненням ногою на металеві наконечники. Переконавшись у стійкості приладу, необхідно послабити становий гвинт і виконати точніше центрування, переміщуючи теодоліт на головці штатива, поки висок не суміститься з точкою на місцевості. Після закінчення операції центрування закріплюють становий гвинт.



Рис. 1.84.  
Центрування за допомогою виска.

**Горизонтування** – приведення площини лімба в горизонтальне положення або осі аліадади у прямовисне положення підйомними гвинтами (рис. 1.85).

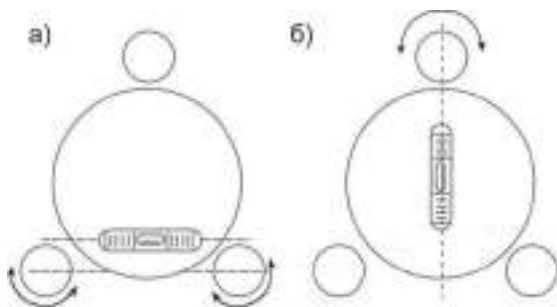


Рис. 1.85. Горизонтування теодоліта за допомогою циліндричного рівня.

Для горизонтування спочатку встановлюють циліндричний рівень ГК паралельно до двох піднімальних гвинтів і приводять його бульбашку на середину. Потім, повертають алідаду на  $90^\circ$  у напрямку третього гвинта. Обертаючи третій піднімальний гвинт знову приводять бульбашку в нуль-пункт.

**Фокусування зорової труби** – отримання у полі зору труби чіткого зображення сітки ниток і предмету, який спостерігається. Зорову трубу наводять на предмет та обертаючи *кремальєру* фокусують трубу, тобто добиваються чіткої, різко окресленої видимості предмета. Потім обертаючи *окулярне кільце* отримують чітке зображення сітки ниток. При спостереженні різновіддалених предметів кожного разу змінюють фокусування.

При вимірюванні кутів теодолітом треба вміти правильно прочитати відлік на лімбі. У теодоліта 2Т30П коло лімба поділене на 360 поділок, кожна з яких відповідає  $1^\circ$ . Градусна величина однієї поділки лімба називається *ціною поділки лімба*. Відліки знімають за допомогою *відлікового шкалового мікроскопу*, у поле зору якого передаються зображення відліків з лімбів горизонтального і вертикального кругів.

Відліки складаються з двох частин – *градуси* (знімають за підписаним штрихом лімба) та *мінута* (знімають за шкалою від «0» до підписаного штриха лімба). Ціна найменшої нанесеної поділки шкали  $5'$ . Відліки мінут за шкалами знімають на око, з точністю до  $1'$ . Отже, відлік за ГК при КЛ =  $125^\circ 13'$ ; відлік за ГК при КЛ =  $305^\circ 13'$ ; за ВК при КЛ =  $-3^\circ 22'$ ; за ВК при КЛ =  $+3^\circ 22'$  (рис. 1.86).

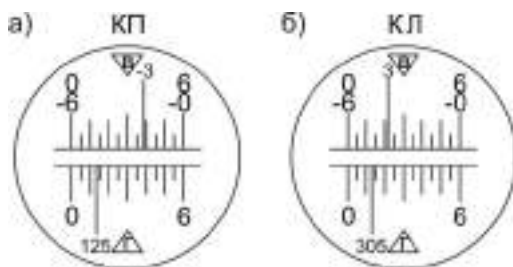


Рис. 1.86. Поле зору відлікового мікроскопу теодоліта 2Т30: а) при крузі праворуч; б) при крузі ліворуч.

**Нівелірні рейки** – дерев'яні (алюмінієві) бруски шириною 10 см і товщиною до 2 см. На рейки, попередньо пофарбовані білою фарбою, нанесено поділки у вигляді шашок чорного кольору на одній стороні і червоного – на другій. Рахунок поділок ведуть від нижньої п'ятки. На чорній стороні з нею співпадає 0 (нуль), на червоній – відлік 4 787 мм (рис. 1.87). Під час роботи рейки встановлюють на міцно забиті у ґрунт дерев'яні кілки, що виступають над поверхнею приблизно на 2 см. Якщо закріплювати на місцевості точки постановки рейок не потрібно, їх встановлюють на переносні металічні башмаки або костилі (рис. 1.88).



Рис. 1.87. Нівелірні рейки типу РН-3: а) чорний і червоний бік; б) складна рейка.

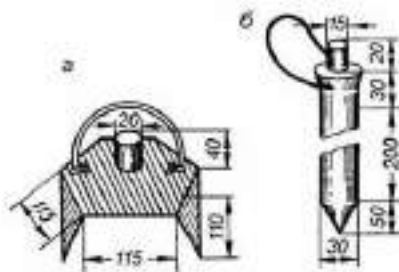


Рис. 1.88. Нівелірний башмак (а) і нівелірний костиль (б).

Для тахеометрів використовують *призмові відбивачі*. Основним елементом відбивача є призма, герметичний корпус якої являє собою циліндр. Оптична система призми, що закріплена усередині корпусу, виготовляється зі скла і скляних пластин із спеціальним покриттям.

## 6.5. Вимірювання горизонтальних і вертикальних кутів

**Горизонтальний кут** – це проекція кута на місцевості, утвореного спостережуваними напрямками. Він є лінійним кутом двогранного кута, утвореного прямовисними проекту-

ючими площинами, проведеними через ці напрямки. Мірою кута  $AOB$  є горизонтальний кут  $A'OB' = \beta$  (рис. 1.89).

Величина кута  $\beta$  дорівнює різниці відліків по колу у точках  $a$  і  $b$ :  $\beta = a - b$ .

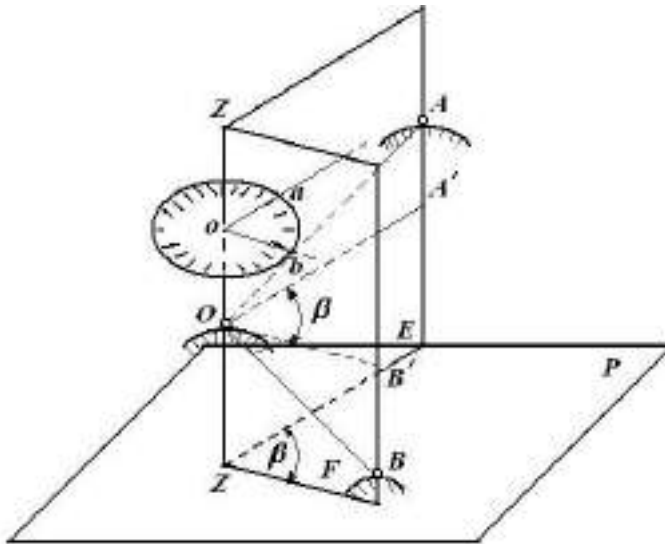


Рис. 1.89. Принцип вимірювання горизонтального кута.

Зорову трубу наводять приблизно на праву точку. За допомогою мікрометричного гвинта аліади горизонтального круга і мікрометричного гвинта зорової труби наводять хрест сітки точно на точку (віху, рейку) (рис. 1.90).

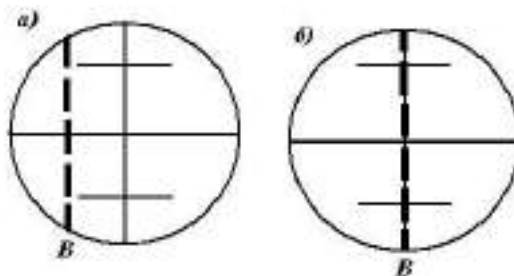


Рис. 1.90. Наведення зорової труби: а) наближене; б) точне.

Існує декілька способів вимірювань горизонтального кута. Найбільш поширеними є: *спосіб прийомів, спосіб кругових прийомів, спосіб суміщення кутів лімба й аліади.*

**Спосіб прийомів.** Один прийом складається із двох напівприймів: круг праворуч (КП) і круг ліворуч (КЛ). Після наведення труби на праву точку *B* при кругі праворуч, знімають і записують відлік за горизонтальним кругом до журналу вимірювання кутів. Потім, відкріпивши закріпні гвинти аліади та зорової труби, наводять трубу на ліву точку *C*, застосовуючи аналогічні дії. Після наведення знімають відлік і теж записують його до журналу. Описані дії складають першу половину прийому. Переходячи до іншого напівприйому, трубу переводять через zenit (рис. 1.91). При крузі ліворуч спостереження виконують аналогічно, відліки записують до журналу. Вираховують кут за формулами:

$$\beta_1 = КП_n - КЛ_n; \beta_2 = КЛ_n - КП_n$$

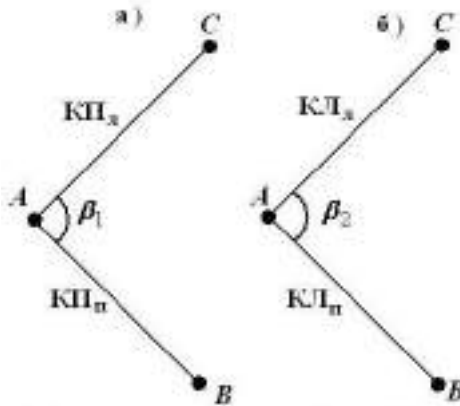


Рис. 1.91. Вимірювання горизонтальних кутів способом прийомів: а) напівприйом при КП; б) напівприйом при КЛ.

Якщо  $КП_n < КЛ_n$ , то потрібно до  $КП_n$  додати  $360^\circ$  і від суми ( $КП_n + 360^\circ$ ) відняти відлік  $КЛ_n$ .

**Спосіб кругових прийомів.** Спосіб кругових прийомів застосовується тоді, коли з якоїсь точки слід виміряти декілька горизонтальних кутів. Спочатку кути вимірюють

першим напівприйомом при *КЛ* у такій послідовності. Установлюють по горизонтальному колу відлік, близький до  $90^\circ$ . Закріплюють алідаду та при відкріпленому лімбові наводять центр ниток сітки зорової труби на точку *B*. Беруть відлік по горизонтальному колу і записують його у журнал. Закріплюють лімб. Рухом алідади за ходом стрілки годинника послідовно візують на точки *C*, *D*, *E*, *F*; при цьому беруть відліки, які записують у журнал. Напівприйом закінчують повторним наведенням і відліком на початковий пункт *B* (рис. 1.92). Якщо початковий і кінцевий відлік не відрізняються більш ніж на подвійну точність відлікового пристрою, то повторюють для другого напівприйому. Сума кутів повинна дорівнювати  $360^\circ$ , що є контролем обчислень.

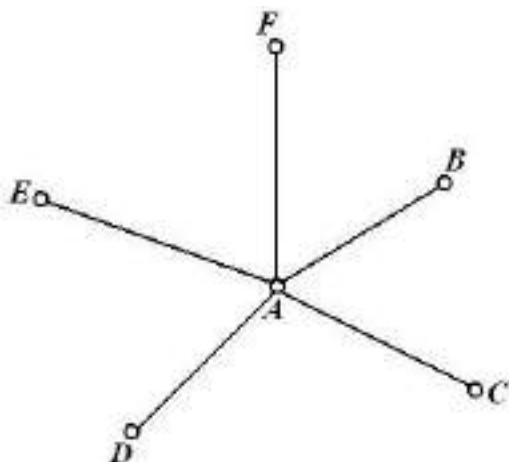


Рис. 1.92. Вимірювання горизонтальних кутів способом кругових прийомів.

**Спосіб суміщення нуля лімба й алідади.** Одним із найпростіших способів вимірювання кута – суміщення нуля лімба та алідади, або «від нуля». У цьому випадку нуль алідади суміщають із нулем лімба. Алідаду закріплюють, залишаючи незакріпленим гвинт лімба. Зорову трубу спрямовують на візирну ціль та закріплюють горизонтальний круг. Відкріплюють алідаду, спрямовують трубу на другу ціль і

закріплюють її. Відлік лімба дасть значення кута. Описаний спосіб простий, але недостатньо точний.

**Спосіб вимірювання магнітних азимутів.** Вимірювання магнітних азимутів теодолітом здійснюють за допомогою орієнтир-бусолі (рис. 1.93). Бусоль закріплюють у пазі приладу закріпним гвинтом (1). Положення магнітної стрілки (4) спостерігають у дзеркальці на внутрішньому боці кришки (3), якому надають потрібного нахилу. Стрілку аретирують (притискують до скляної кришечки бусолі) обертанням гвинта (6) аретира. Північний кінець стрілки пофарбовано у синій колір, на південному кінці установлюють пересувний важок (2) для її врівноваження.

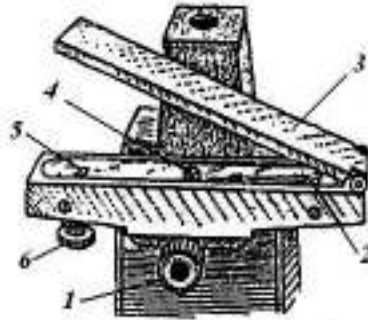


Рис. 1.93. Будова орієнтира-бусолі

Вимірювання магнітного азимута лінії виконують у такий спосіб. Приводять теодоліт у робоче положення над початковою (або кінцевою) точкою лінії. Для орієнтування візирної осі зорової труби у магнітному меридіані відкріплюють алідаду ГК приладу й аретир бусолі. Плавним рухом алідади наближують стрілку до її вільного руху в межах корпусу бусолі. Точне наведення на північ виконують навідним гвинтом алідади після її закріплення. Беруть по горизонтальному колу відлік  $a_m$ . Плавно переводять трубу на кінцеву (або початкову) точку лінії і беруть відлік  $b_m$ . Різниця і буде шуканим магнітним азимутом.

$$A_m = b_m - a_m$$

При суміщенні нулів лімба й аліади горизонтального круга отримують значення  $A_m$  безпосередньо.

**Вертикальний круг** теодоліта служить для визначення кутів нахилу ліній  $\vartheta$  або зенітних відстаней  $z$ . *Кутом нахилу  $\vartheta$*  є кут у вертикальній площині між горизонтальною лінією і візирним променем, який спрямований на спостережувану точку (рис. 1.94). *Зенітною відстанню  $z$*  називають кут у вертикальній площині між прямовисною лінією і візирним променем, який спрямований на спостережувану точку. Зенітна відстань доповнює кут нахилу до  $90^\circ$ :  $z = 90^\circ - \vartheta$ .

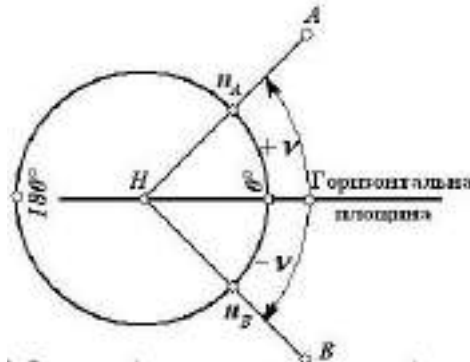


Рис. 1.94. Вимірювання вертикальних кутів за допомогою вертикального круга

Для отримання величини кута нахилу візирної осі за вертикальним кругом теодоліта необхідно знати місце нуля  $BK$ , що позначається символом  $MO$ . Місцем нуля називають відлік на вертикальний круг теодоліта при горизонтальному положенні візирної осі труби і початковому положенні відлікового пристрою.

Якщо основним типом вертикального круга теодоліта є «круг ліворуч», то для визначення місця нуля  $MO$  і кутів нахилу  $\vartheta$  використовують такі розрахункові формули:

$$MO = \frac{Kл + Kп}{2} \quad \vartheta = Kл - MO$$

$$MO = \frac{Kл - Kп}{2} \quad \vartheta = MO - Kп$$

## 6.6. Обчислення координат точок теодолітних ходів

**Ув'язка кутів теодолітного полігону.** Із відомості обчислення кутів замкнутого теодолітного полігону обчислюється *практична сума кутів* теодолітного полігону за формулою:

$$\sum_{i=1}^n \beta_{\text{пр.}} = \beta_1 + \beta_2 + \dots + \beta_n$$

де  $\beta_1, \beta_2 \dots \beta_n$  – виміряні кути.

Після цього обчислюється *теоретична сума кутів* теодолітного полігону за формулою:

$$\sum_{i=1}^n \beta_{\text{теор.}} = 180^\circ (n - 2)$$

де  $n$  – кількість кутів теодолітного полігону.

Потім обчислюється величина кутової нев'язки за формулою:

$$f\beta_{\text{пр.}} = \sum_{i=1}^n \beta_{\text{пр.}} - \sum_{i=1}^n \beta_{\text{теор.}}$$

Допустимість кутової нев'язки визначається за формулою:

$$f_{\text{доп.}} = 1' \sqrt{n}$$

Отримана нев'язка  $f\beta_{\text{практ.}}$  не має перевищувати допустиму  $f\beta_{\text{доп.}}$

Кутову нев'язку розподілити з протилежним знаком наперед на кути з секундами (щоб заокруглити їх до цілих мінут), а решту – на кути, утворені короткими сторонами. Сума внесених поправок має дорівнювати величині кутової нев'язки  $f\beta_{\text{практ.}}$ , а сума виправлених кутів – їхній теоретичній сумі.

**Обчислення дирекційних кутів і румбів сторін полігону.** Для обчислення дирекційних кутів сторін полігону слід виписати у відомість обчислення координат дирекційний кут вихідної сторони. *Дирекційні кути* решти сторін теодолітного ходу обчислюють за формулами:

$$\alpha_i = \alpha_{i-1} + 180^\circ - b_{\text{прав.}}; \quad \alpha_i = \alpha_{i-1} - 180^\circ + b_{\text{ліє.}}$$

де  $\alpha_i$  – дирекційний кут  $i$ -ої лінії,  $\alpha_{i-1}$  – дирекційний кут попередньої лінії,  $b_{\text{прав.}}$ , ( $b_{\text{лів.}}$ ) – внутрішні кути відповідно праві (ліві).

У процесі обчислення можливі випадки, коли дирекційний кут будь-якої сторони виявиться більшим  $360^\circ$ . Тоді від нього необхідно відняти  $360^\circ$  і продовжувати обчислення. У результаті послідовного обчислення дирекційних кутів всіх сторін полігону має бути отриманий дирекційний кут вихідної сторони, що є контролем обчислень:  $\alpha_i = \alpha_n + 180^\circ - b_{\text{прав.}}$

Для спрощення подальших обчислень від дирекційних кутів переходять до румбів сторін на основі залежності між ними (табл. 1.4).

Таблиця 1.4

Залежність між румбом і дирекційним кутом

Номер чверті	Назва чверті	Залежність між румбом і дирекційним кутом
I	Пн.-Сх.	$R_I = \alpha$
II	Пд.-Сх.	$R_{II} = 180^\circ - \alpha$
III	Пд.-Зх.	$R_{III} = \alpha - 180^\circ$
IV	Пн.-Зх.	$R_{IV} = 360^\circ - \alpha$

**Обчислення та ув'язка приростів координат.** Після обчислення дирекційних кутів та румбів сторін полігону слід виписати горизонтальні прокладання ліній із схеми теодолітних ходів та для кожної лінії обчислюються *прирости координат* за формулами:

$$\Delta X_{i,i+1} = S_{i,i+1} \cos R_{i,i+1}; \Delta Y_{i,i+1} = S_{i,i+1} \sin R_{i,i+1},$$

де  $S$  – горизонтальне прокладання лінії,  $R$  – румб.

Прирости координат обчислюють за таблицями тригонометричних функцій. Теоретична сума приростів координат у замкненому теодолітному ході дорівнює нулю:

$$\sum_{i=1}^n \Delta X_{\text{теор.}} = 0, \quad \sum_{i=1}^n \Delta Y_{\text{теор.}} = 0.$$

Далі потрібно алгебраїчно додати прирости координат по осі абсцис та осі ординат і визначити значення *нев'язки у приростах координат*  $f_x$  і  $f_y$  за формулами:

$$f_x = \sum_{i=1}^n \Delta X_{np.} \quad f_y = \sum_{i=1}^n \Delta Y_{np.}$$

*Абсолютна лінійна невіязка*  $f_s$  обчислюється за формулою:

$$f_s = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}$$

*Периметр полігону*  $P$  обчислюють за формулою:

$$P = S_1 + S_2 + \dots + S_n$$

Довжини сторін у теодолітних ходах вимірюють за допомогою ниткового віддалеміра, а за масштабу 1 : 500 – мірною стрічкою. Розходження між результатами вимірювання довжини лінії ходу у прямому і зворотному напрямках не повинно перевищувати 1 : 400. *Допустимі лінійні невіязки* в теодолітних ходах при вимірюванні ліній оптичними віддалемірами визначають за формулою:

$$f_{\text{доп}} = \frac{P}{400\sqrt{n}}$$

де  $n$  – кількість ліній у ході.

Якщо лінійна невіязка допустима, то розподіляють *нев'язки у приростах координат* ( $f_x$  і  $f_y$ ) пропорційно довжинам ліній. Величини поправок обчислюються за формулами:

$$\delta_{x_i} = \frac{-f_x}{P} \cdot S_i \quad \delta_{y_i} = \frac{-f_y}{P} \cdot S_i$$

де  $\delta_{x_i}$  і  $\delta_{y_i}$  – поправки в прирости координат  $i$ -ої лінії,  $S_i$  – довжина  $i$ -ої лінії.

Значення поправки заокруглити до 0,01 м. Контролем обчислення поправок є рівність суми поправок по осі абсцис та осі ординат величині невіязки із оберненим знаком, тобто:

$$\sum_{i=1}^n \delta_{x_i} = -f_x \quad \sum_{i=1}^n \delta_{y_i} = -f_y$$

Обчислені поправки додаються алгебраїчно до відповідних приростів і знаходяться ув'язані прирости координат. Суми виправлених приростів координат у замкненому теодолітному ході мають дорівнювати нулю, що є контролем обчислень.

### **Обчислення координат точок теодолітного ходу.**

Для обчислення координат точок необхідно вписати у відомість обчислення координат координати  $X$  і  $Y$  вихідної точки. Координати решти точок теодолітного полігону обчислюються за формулами:

$$X_{i+1} = X_i + \Delta x'_i; Y_{i+1} = Y_i + \Delta y'_i$$

де  $X_{i+1}$ ,  $Y_{i+1}$  – шукані координати точки,  $X_i$ ,  $Y_i$  – відомі координати передньої точки;  $\Delta x'_i$ ,  $\Delta y'_i$  – ув'язані прирости координат.

У результаті послідовного обчислення координат точок ходу повинні бути обчислені відомі вже координати вихідної точки. Значення координат вихідної точки є *контролем обчислень*.

## **6.7. Лінійні вимірювання**

**Вимірюванням** називають процес порівняння однієї фізичної величини із іншою того ж роду, прийнятою за одиницю виміру. Вимірювання довжин ліній виконується під час топографічних знімачь місцевості, виконання вишукувальних робіт для проектування та у ході зведення інженерних споруд.

Лінійні вимірювання виконують практично при виконанні усіх видів геодезичних робіт. Залежно від наявності приладів, вимог точності, умов місцевості лінії вимірюють такими способами:

- *прямим способом* за допомогою мірних стрічок, рулеток, підвісних мірних дротів та інших лінійних приладів;
- *непрямим способом* за допомогою ниткових віддалемірів та електрооптичних приладів (світло- та радіовіддалемірів), геометричних побудов фігур на місцевості.

**Мірні стрічки** (штрихові, шкалові) – це сталева смужка довжиною 20 м (рідко 24 м) (рис. 1.95).

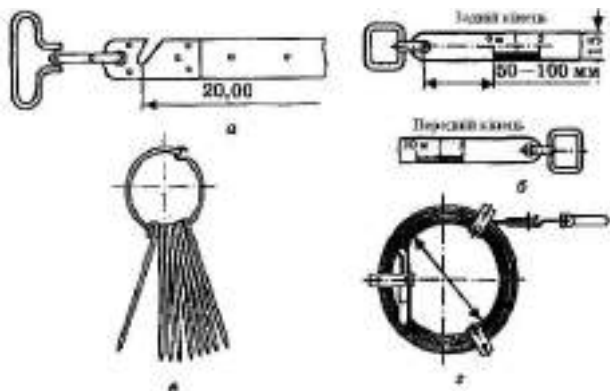


Рис. 1.95. Мірні стрічки: а) сталеві штрихова; б) шкалова; в) шпильки; г) стрічка на металевому кільці.

Проводячи геодезичні роботи на будівельних майданчиках, використовують *сталеві* та довжиною 1, 2, 3, 5, 10, 20, 30, 50 і 100 м з санти- та міліметровими поділками. Для вимірювання сторін опорних геодезичних мереж відповідальних будівельних об'єктів застосовують *лазерні рулетки*, *світловіддалеміри* високої точності або *мірні дроти*.

**Оптичним віддалеміром** називають прилад, в якому для визначення відстаней використовують оптичні елементи. У спрощеному варіанті це зорова труба, в полі зору якої є система штрихів, або *сітка ниток*, для наведення труби на ціль та здійснення потрібних відліків. В основу теорії віддалеміра покладено рішення дуже видовженого рівнобедреного трикутника  $ACD$ , який утворюється оптичними променями та базою далекоміра, за формулою:

$$S' = \frac{l}{2} \operatorname{ctg} \frac{\beta}{2}$$

де  $S$  – вимірювана відстань, що є висотою трикутника, а  $\beta$  – паралактичний кут.

Найбільш поширеним серед оптичних далекомірів є *нитяний віддалемір*. Для визначення відстаней за допомогою нитяного віддалеміра необхідно знати відлік по рейці  $l$ , а далі за формулою (рис. 1.96):  $S' = 100 \times l$ .

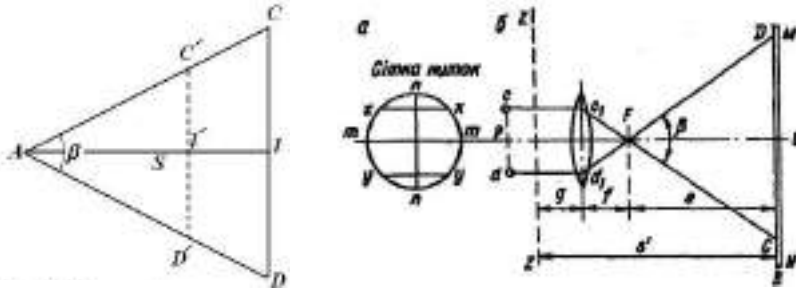


Рис. 1.95. Принцип дії оптичного далекоміра.

Вимірювання ліній виконується перевіреними мірними стрічками та рулетками *шляхом компарування*. Між закріпленими на місцевості точками  $A$  і  $B$  у створі лінії послідовно укладають мірний прилад. Створ лінії утворює прямокутна площина, що проходить через кінцеві точки  $A$  і  $B$ . Створ лінії позначають віхами.

Якщо довжина лінії перевищує 200 м або за умовами рельєфу немає взаємної прямої видимості між кінцевими точками  $A$  і  $B$ , то у створі лінії через 50–80 м встановлюють додатково віхи «на око». Встановлення додаткових проміжних віх у створі лінії називають *провішуванням*. Провішування виконують від кінцевої точки  $B$  «на себе» Здо точки  $A$  (рис. 1.96). Для підвищення точності провішування лінії у точці  $A$  встановлюють теодоліт і візують на віху у точці  $B$ . Закріплюють лімб й алідаду горизонтального круга. Проміжні віхи 1, 2, ...,  $n$  так само «на себе» встановлюють у створі візирної осі зорової труби теодоліта.

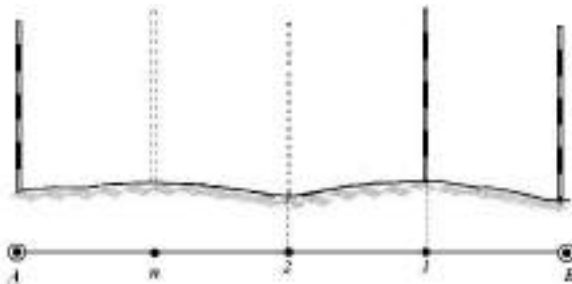


Рис. 1.96. Провішування ліній «на себе».

Для контролю лінія обов'язково вимірюється у зворотному напрямку чи другий раз у прямому. На місцевості вимірюють як горизонтальні, так і нахилені лінії. Під час складання карт, розпланування та зведення споруд треба знайти їх *горизонтальні прокладання*.

Для цього за допомогою теодоліта вимірюють кут нахилу лінії місцевості  $AB$ . При використанні теодоліта з точки  $A$  візують на мітку віхи  $M$  так, щоб її висота від поверхні землі дорівнювала висоті встановленого теодоліта (рис. 1.97).

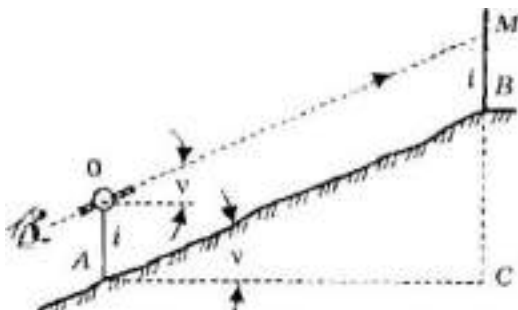


Рис. 1.97. Вимірювання кутів нахилу.

Коли маємо лінію місцевості, яка розділена перешкодою (річкою, болотом чи яром), то використовують непряний (опосередкований) спосіб вимірювань (рис. 1.98). Для цього біля точки  $A$  (чи  $B$ ) на рівній поверхні місцевості розмічають і вимірюють базис  $b_1$ . У трикутнику  $ABC$  теодолітом вимірюють кути  $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ .

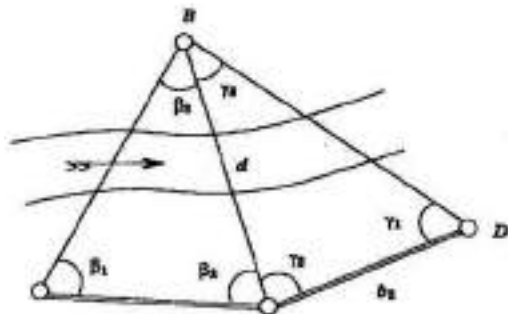


Рис. 1.98. Непряний спосіб визначення відстаней.

Довжину недоступної лінії  $d$  обчислюють за формулою:

$$d = b_1 \frac{\sin \beta_1}{\sin \beta_3}$$

де  $b$ ,  $d$  – горизонтальні прокладання базису та шуканої лінії  $AB$ .

## 6.8. Теодолітне (горизонтальне) знімання

Горизонтальне знімання місцевості, при якому кути вимірюють теодолітом, а лінії мірною стрічкою, рулеткою чи оптичним віддалеміром називають **теодолітним зніманням**. Знімальну основу можна будувати різними способами. Основним видом планово-знімальної основи під час теодолітного знімання є теодолітний хід.

**Теодолітним ходом** називають побудований на місцевості зімкнутий або розімкнутий багатокутник, в якому горизонтальні кути вимірюють теодолітом, а довжини сторін – землемірними стрічками, рулетками або оптичними віддалемірами, які забезпечують встановлену точність (рис. 1.99). Зімкнутий хід називають також **полігоном**. Для порівняно невеликих ділянок знімальна основа може бути у вигляді полігона або одного ходу.

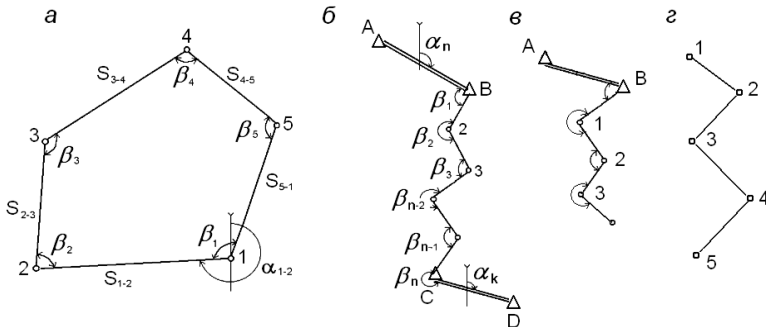


Рис. 1.99. Теодолітні ходи: а) зімкнутий (полігон); б) розімкнутий; в) висячий; г) вільний.

**Теодолітне знімання** є плановим кутовимірювальним зніманням місцевості, яке застосовують на рівнинній місцевості.

вості та для знімання населених пунктів. Таке знімання є ситуаційним, при якій горизонтальні кути вимірюють теодолітом, а горизонтальні проекції відстаней різними приладами. Перевищення між точками місцевості при цьому не визначають, тому теодолітне знімання є окремим випадком тахеометричного знімання.

Теодолітне знімання використовують для підготовки ситуаційних планів місцевості і цифрових ситуаційних моделей місцевості, а також для оновлення (внесення ситуаційних змін) топографічних карт та цифрових моделей в масштабах 1 : 2000, 1 : 5000, а в окремих випадках – 1 : 10 000.

Знімання ситуації полягає у визначення місцезнаходження характерних точок контурів та окремих предметів відносно станцій і сторін теодолітного ходу. Тому теодолітний хід слід прокласти так, щоб всю ситуацію можна було зняти зі станцій та ліній ходу. Якщо ж цього зробити не можна, до додатково прокладають діагональний або висячий хід з потрібною кількістю станцій, знімаючи з них усі ще не зняті предмети і точки контуру.

## **6.9. Тахеометричне знімання**

**Тахеометричне знімання** є найпоширенішим видом наземних топографічних знімань, які виконуються при проведенні інженерних вишукувань трас доріг, ЛЕП, трубопроводів, об'єктів будівництва, інвентаризації земель, створенні державного земельного кадастру, складанні проектів відведення земельних ділянок. Тахеометричне знімання належить до топографічних або контурно-висотних знімань, в результаті яких одержують плани невеликих ділянок місцевості у великих (1 : 500 – 1 : 5 000) масштабах.

Слово «*тахеометрія*» в перекладі з грецької означає «*швидке вимірювання*». Швидкість вимірювання під час тахеометричного знімання досягається тим, що положення точки місцевості визначається на плані й по висоті при одному наведенні труби приладу на рейку, встановлену в даній точці.

При використанні технічних теодолітів зміст тахеометричного знімання зводиться до визначення просторових

полярних координат ( $\beta$ ,  $v$ ,  $D$ ) точок місцевості та подальшого нанесення цих точок на план (рис. 1.100). При цьому горизонтальний кут  $\beta$  між початковим напрямом ( $AB$ ) і напрямом на точку ( $N$ ), що знімається, вимірюють за допомогою горизонтального круга, вертикальний кут  $v$  – вертикального круга теодоліта, а відстань  $D$  до точки  $N$  – нитковим віддалеміром.

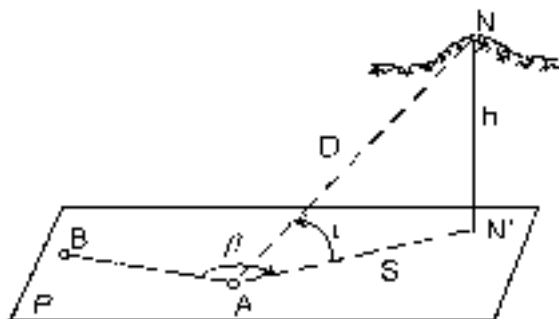


Рис. 1.100. Зміст тахеометричного знімання.

Планове положення знімальних точок місцевості визначається полярним способом (координатами  $\beta$ ,  $S$ ), а перевищення точок  $h$  – методом тригонометричного нівелювання, яке здійснюється за допомогою похилого променя візування.

Для тахеометричного знімання місцевості знімальне обґрунтування створюють у вигляді **тахеометричних ходів**. Тахеометричні ходи прокладають так, як і теодолітні, тільки крім вимірювання горизонтальних кутів і довжин сторін ходу визначають перевищення методом тригонометричного нівелювання (похилим променем візування).

Планове положення знімальних точок місцевості визначається полярним способом (координатами  $\beta$ ,  $S$ ), а перевищення точок  $h$  – методом тригонометричного нівелювання, яке здійснюється за допомогою похилого променя візування. Для тахеометричного знімання місцевості знімальне обґрунтування створюють у вигляді **тахеометричних ходів**. Тахеометричні ходи прокладають так, як і теодолітні, тільки

крім вимірювання горизонтальних кутів і довжин сторін ходу визначають перевищення методом тригонометричного нівелювання (похилим променем візування).

Використовуючи обчислену відомість координат вершин, накреслити **схему тахеометричного ходу** (рис. 1.101).

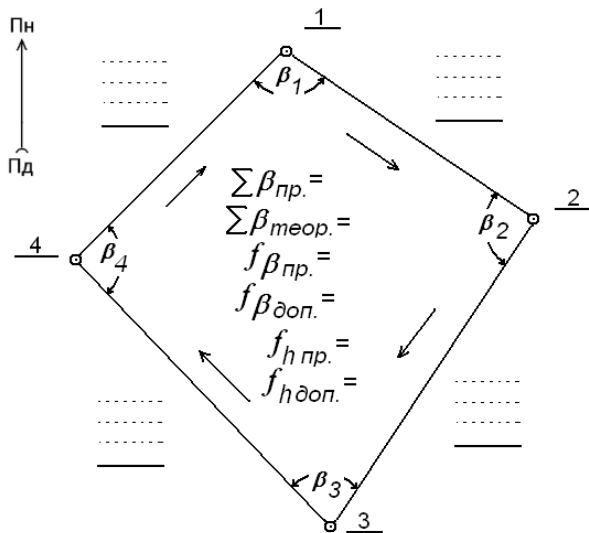


Рис. 1.101. Схема тахеометричного ходу.

**План тахеометричного знімання** складають у такій послідовності (додаток ...): 1) побудова координатної сітки; 2) нанесення на план станцій тахеометричного ходу; 3) нанесення пікетів і оформлення плану.

## 6.10. Мензольне знімання

**Мензольне знімання** – це сукупність дій при складанні детального плану місцевості, що означає побудову топографічного плану місцевості в польових умовах за допомогою кіпрегеля і мензули. Знімання ведуть у полярній системі координат. Мензольне знімання проводиться для отримання топографічних планів невеликих ділянок місцевості у масштабах 1 : 5 000 – 1 : 500, коли відсутні

матеріали аерофотознімання або застосування їх є економічно недоцільним. У гірничій справі мензульна зйомка застосовується на відкритих гірських розробках, при детальних геолого-розвідувальних роботах для знімання відслонень гірських порід, для знімання промислових майданчиків гірничих підприємств тощо.

Мензульне знімання виконується за допомогою мензульного комплексу, в який входить *мензула*, *кіпрегель*, *орієнтир-бусоль* і *рейка*. Топографічний план складається у полі одночасно із вимірюваннями. Горизонтальні кути при мензульному зніманні не вимірюються, а їх одержують шляхом графічних побудов на креслярському папері або планшеті, прикріпленому до мензульної дошки (рис. 1.102).

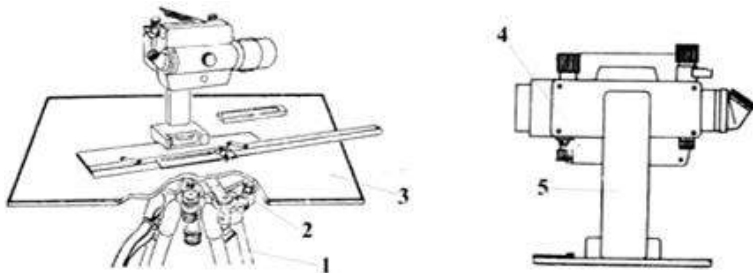


Рис. 1.102. Мензула і кіпрегель

Основним приладом мензульного комплексу є кіпрегель. **Кіпрегель** – номограмний прилад, який призначений для виконання топографічного знімання усіх масштабів. Він дає змогу визначати відстані, проєктовані на горизонтальну площину, і перевищення при одному наведенні зорової труби на вертикальну рейку.

Прилад складається з трьох основних частин: *зорової труби* (4), *колонки* (5) і *лінійки*. Відстані до точок та їхні перевищення визначають за відліками з рейки кривими номограми (рис. 1.103).

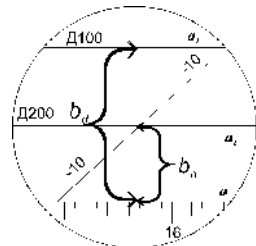


Рис. 1.103. Поле зору кіпрегеля

## Лекція 7

# ВИСОТНЕ ЗНІМАННЯ ДІЛЯНОК МІСЦЕВОСТІ

### 7.1. Основні відомості про нівелювання

Висотне знімання ділянок місцевості передбачає проведення нівелювання. **Нівелювання** – це визначення висот точок земної поверхні відносно деякої вибраної точки або над рівнем моря. Нівелювання використовують для визначення висот опорних точок державної і зйомочних висотних та планово-висотних геодезичних мереж, при топографічних зйомках місцевості, при будівництві автомобільних і залізничних шляхів, водо- та газопроводів, при проектуванні, будівництві та експлуатації промислових і соціально-культурних об'єктів тощо.

Числові вираження висот точок називають *позначками*. Різницю між позначками двох точок називають *перевищенням*.

Залежно від призначення і заданої точності знімань, а також особливостей місцевості та метеорологічних умов застосовують різні методи нівелювання (рис. 1.104): 1) *геометричне*; 2) *тригонометричне*; 3) *фізичне*; 4) *механічне*; 5) *фотограмметричне*.

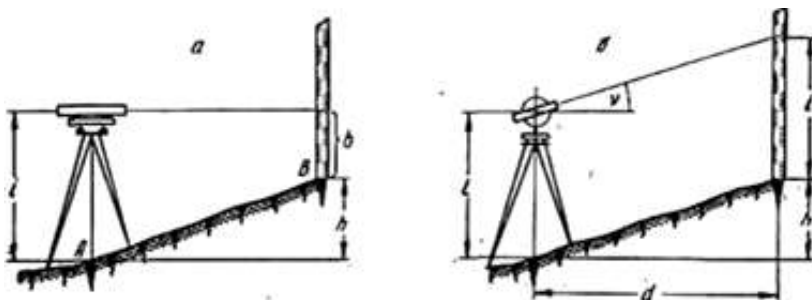


Рис. 1.104. Основні методи нівелювання:  
а) геометричний, б) тригонометричний.

**Геометричне нівелювання** виконують горизонтальним променем візування за допомогою нівеліра та нівелірних рейок. Середня квадратична похибка визначення перевищень, яка може бути від 0,5 до 10 мм/км, залежить від класу нівелювання. Геометричне нівелювання за точністю поділяють на нівелювання I, II, III і IV-го класів і технічне нівелювання.

Технічне нівелювання застосовують для визначення висот точок знімального обґрунтування при виконанні топографічних зніманих, а також для побудови профілю, нівелювання поверхні у гідрології, геоморфології, геології, ґрунтознавчих обстеженнях та інших дослідженнях. Технічне нівелювання, зазвичай, виконують способом від середини з використанням двосторонніх шашкових рейок.

**Тригонометричне нівелювання** – метод визначення різниць висот точок земної поверхні за виміряним кутом нахилу лінії візування з однієї точки на іншу та виміряною або відомою горизонтальною відстанню між цими точками (рис. 1.105). Перевищення обчислюють за формулами тригонометричного нівелювання. Середня квадратична похибка визначення перевищень – 10 мм.

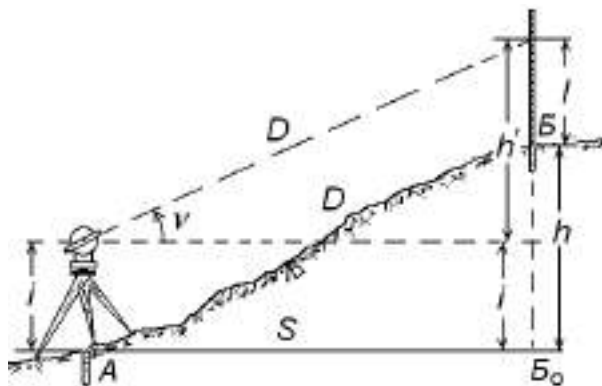


Рис. 1.105. Схема тригонометричного нівелювання

До фізичних видів нівелювання належать *барометричне, гідростатичне, радіонівелювання* та ін.

**Барометричне нівелювання** ґрунтується на фізичному законі зміни атмосферного тиску зі зміною висот точок земної поверхні. Різницю висот між двома точками визначають за результатами вимірювання в них атмосферного тиску, температури й вологості повітря використовуючи барометричну формулу. Точність такого нівелювання невисока (до 0,3 м).

**Гідростатичне нівелювання** ґрунтується на властивості рідини у сполучених посудинах встановлюватися на однаковому рівні незалежно від поперечного перерізу посудин, маси рідини та перевищення (рис. 1.106). Середня квадратична похибка визначення перевищень – 0,1 мм. Така висока точність потрібна для встановлення будівельних конструкцій в проектні положення, вимірювання осідання споруд, передачі позначок через водні перешкоди тощо.

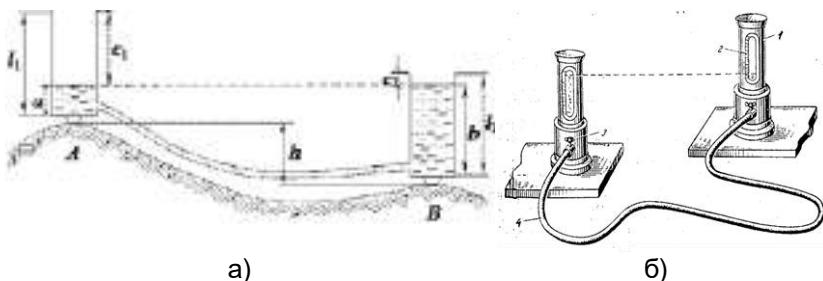


Рис. 1.106. Гідростатичне нівелювання:

- а) геометрична схема; б) гідростатичний нівелір: 1) стакан (посудина); 2) шкала відліку; 3) кран; 4) шланг.

**Радіовисотомірне нівелювання** – спосіб визначення висот точок земної поверхні за допомогою літальних апаратів; ґрунтується на використанні принципу відбивання електромагнітних хвиль.

**Нівелювання механічне (автоматичне)** – нівелювання за допомогою *профілографа*, який встановлюють на автомобілі, велосипеді або спеціальному візку. Прилад може автоматично викреслювати профіль шляху або давати висотні позначки точок. Нівеліри-автомати забезпечують точність у декілька сантиметрів на 1 км шляху.

**Фотограмметричне нівелювання** здійснюють за допомогою спеціальних стереоскопічних приладів на аерофотознімках.

## 7.2. Будова нівелірів

Геометричне нівелювання виконують за допомогою нівеліра. **Нівелір** – геодезичний прилад, який призначений для визначення різниці висот двох точок горизонтальним променем і приладів, які входять у нівелірний комплект (штатив, дві нівелірні рейки, костилі і башмаки).

За конструкцією розрізняють (рис. 1.107):

- *нівеліри з циліндричним рівнем* біля зорової труби;
- *нівеліри з компенсатором* для автоматичного приведення візирної осі зорової труби в горизонтальне положення;
- *електронні нівеліри*;
- *лазерні нівеліри*.



Рис. 1.106. Нівеліри: а) нівелір з компенсатором; б) електронний нівелір; в) автоматичний лазерний нівелір.

Залежно від точності виділяють три групи нівелірів: *високоточні* нівеліри типу Н-05, Н-1, Н-2; *точні* – типу Н-3, Н-3К, Н-3КЛ; *технічні* – типу Н-10.

Нівелір будь-якої конструкції складається з трьох основних частин: зорової труби, з сіткою ниток для зняття відліків по рейці; пристрою, що забезпечує горизонтальне положення лінії візування і підставки з пристроєм для приведення приладу у робоче положення. Розглянемо будову нівеліра

на прикладі моделі Н-3. Нівелір Н-3 дає перевернуте зображення, віднесений до класу точних нівелірів і забезпечує: збільшення зорової труби – 31,5<sup>x</sup>, найменшу відстань візування – 1м, ціну поділки рівнів: круглого – 10', контактного циліндричного – 15". Прилад призначений для виконання нівелювання III і IV-ого класів, а також для інженерно-геодезичних робіт при вишукуванні у будівництві.

Нівелір прикріплюють до штатива за допомогою станового гвинта. Вісь обертання нівеліра у вертикальне положення встановлюють за круглим рівнем з допомогою *підйомних гвинтів*, гвинтова нарізка яких входить у гнізда підставки (трегера) (рис. 1.107).

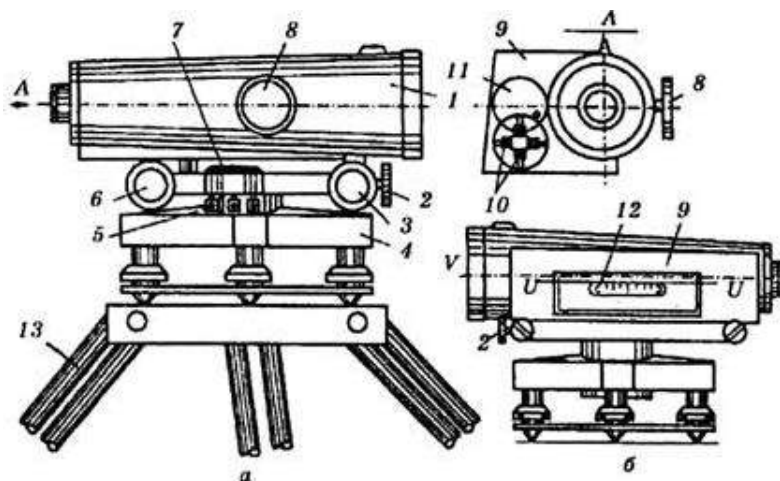


Рис. 1.107. Нівелір Н-3: а) загальний вигляд; б) вигляд з боку камери циліндричного рівня: 1) зорова труба; 2) закріпний гвинт труби; 3) навідний гвинт труби; 4) підставка нівеліра з підйомними гвинтами; 5) виправні гвинти круглого рівня; 6) еліваційний гвинт труби; 7) круглий рівень; 8) гвинт фокусування (кремальєрний) труби; 9) камера циліндричного рівня; 10) виправні гвинти циліндричного рівня; 11) заслінка циліндричного рівня; 12) циліндричний рівень; 13) штатив.

Для наближеного наведення труби на рейку використовують *мушку* над об'єктивом зорової труби нівеліра, для

точного – *мікрометричний (навідний) гвинт*, який працює, коли труба зафіксована *закріпним гвинтом*. Гвинт *кремальєри* призначений для фокусування труби, а різкість зображення сітки ниток досягається обертанням *діоптрійного кільця окуляра*. Перед кожним відліком по рейці візирну вісь нівеліра встановлюють в горизонтальне положення *елеваційним гвинтом*.

Зображення половинок кінців бульбашки контактного *циліндричного рівня* через систему призм передаються у поле зору труби. Якщо центр бульбашки рівня сумістити із *нуль-пунктом* ампули, то виникне оптичний контакт – зображення половинок кінців бульбашки рівня будуть рівними за довжиною та утворять у верхній частині суцільну дугу. При нахилі осі рівня контакт порушується (рис. 1.108).



*Рис. 1.108.* Поле зору зорової труби нівеліра Н-3 із положенням бульбашки циліндричного рівня поза нуль-пунктом (а, б) та у нуль-пункті (в)

Нівелір з компенсатором і лімбом має оптичну систему, яка після попереднього приведення осі обертання нівеліра у вертикальне положення за допомогою круглого рівня автоматично встановлює зорову вісь труби у горизонтальне положення.

### **7.3. Геометричне нівелювання**

Під час геометричного нівелювання перевищення між двома точками місцевості визначають горизонтальним променем візування за допомогою нівеліра або теодоліта та

рейок із поділками. Існують два способи геометричного нівелювання: **нівелювання від середини** і **нівелювання вперед** (рис. 1.109).

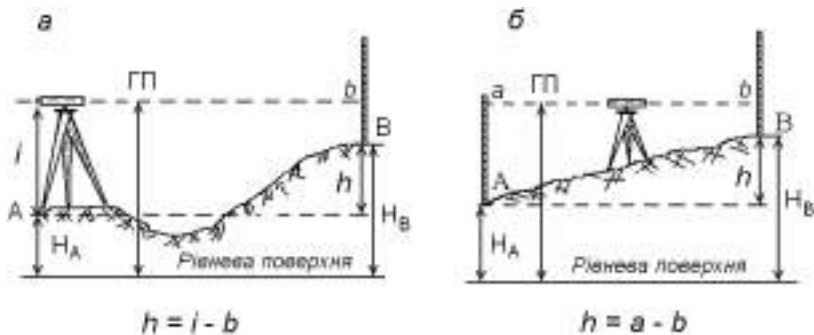


Рис. 1.109. Схема простого геометричного нівелювання: а) нівелювання вперед; б) нівелювання від середини.

При нівелюванні від середини для визначення перевищення однієї точки над іншою встановлюють нівелір на однакових відстанях між ними і приводять його візирну вісь у горизонтальне положення. Над точкою вертикально встановлюють нівелірні рейки з нанесеними на них сантиметровими поділками, відлік яких ведеться від їх нижніх кінців до верхніх. Візуючи послідовно горизонтальним променем на рейки, беруть відліки  $a$  по задній і  $b$  передній рейках:

$$h_{AB} = a - b.$$

Залежно від висотного положення точки  $B$  по відношенню до точки  $A$ , перевищення може бути додатнім, якщо  $a > b$  або від'ємним, якщо  $a < b$ . Якщо абсолютна висота однієї із точок відома, то висота іншої визначається за формулою:

$$H_B = H_A + h_{AB}.$$

При нівелюванні вперед нівелір встановлюють над точкою  $A$ , вимірюють його висоту  $i$  і беруть відлік по рейці  $b$ , яка встановлена на точці  $B$ . В такому випадку, для визначення перевищення  $h_{AB}$  у формулу замість величини  $a$  підставляють  $i$ :

$$h_{AB} = i - b,$$

а висоту точки визначають за формулою:  $H_B = H_A + i - b$ .

Якщо нівелювання виконують між значно віддаленими або розташованими на схилі точками з метою передачі відміток або з метою складання профілю місцевості, то його здійснюють з кількох станцій, розміщених послідовно, які утворюють **нівелірний хід**. Таке нівелювання має назву **складного (послідовного)** (рис. 1.110).

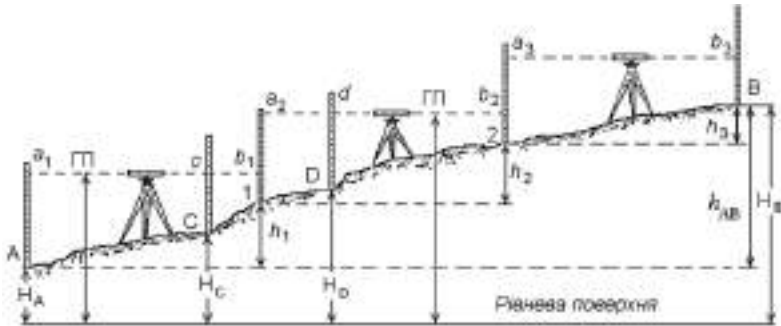


Рис. 1.110. Схема послідовного (складного) нівелювання

Перевищення між кінцевими точками ходу при відліках  $a_i$  по задніх і  $b_i$  по передніх рейках визначаються за формулою:

$$\sum h_i = \sum a_i - \sum b_i$$

Контроль на станції полягає у тому, що різниці п'яток задньої та передньої рейок, як і різниці у перевищеннях, обчислених із обох шкал рейок, не можуть перевищувати 5 мм.

Нівелірні ходи можуть бути **замкненими** і **розімкненими**. Різновидом замкненого нівелірного ходу є хід, виконаний у прямому і зворотному напрямках по одній і тій же лінії нівелювання. При відсутності похибок вимірювання перевищення по прямому і зворотному ходу повинні бути рівні за абсолютною величиною та обернені за знаком.

**Нев'язка нівелірного ходу.** Коли нівелірний хід прокладено між двома реперами, то сума перевищень, одержана під час нівелювання, має дорівнювати різниці позначок кінцевого і початкового репера:  $\sum h = HR_{\text{кін.}} - HR_{\text{поч.}}$

Практично завжди виникає нев'язка у перевищенні  $fh$ , яка дорівнює:  $fh_{\text{пр}} = \sum h_{\text{сп}} - (HR_{\text{ркін.}} - HR_{\text{рпоч.}})$ .

Допустиму нев'язку технічного нівелювання окремого ходу чи полігону визначають за формулою:  $fh_{\text{доп}} = \pm 50(\text{мм})\sqrt{L}$ , де  $L$  – число кілометрів у ході або полігоні. Розподілити нев'язку (якщо вона допустима) на всі перевищення, що вважаються рівноточно одержаними на кожній станції ходу і дорівнюють  $fh/n$  з округленням до 1 мм, із оберненим знаком.

Позначки сполучних (пікетних) точок обчислюють за формулою:

$$H_i = H_{i-1} + h,$$

де  $H_{i-1}$  – позначка задньої точки;  $h$  – виправлене перевищення між точками.

Щоб визначити позначки проміжних точок, необхідно спочатку визначити *горизонт приладу* (висоту візирного променя нівеліра над рівневою поверхнею) для тих станцій, на яких вони є:

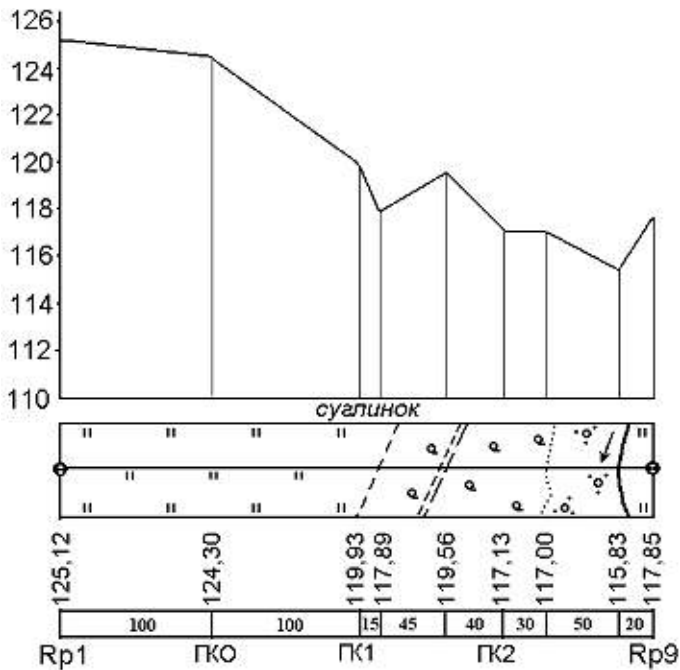
$$ГП = H_A + a = H_B + b,$$

де  $H_A$  – позначка задньої точки для даної станції;  $H_B$  – позначка передньої точки;  $a$  – відлік чорної шкали задньої рейки;  $b$  – відлік чорної шкали передньої рейки.

## 7.4. Складання профілю місцевості

Складання профілю за фактичними позначками починають з вибору горизонтального й вертикального масштабів і позначки умовного горизонту. Горизонтальний масштаб вибирають із урахуванням рельєфу місцевості й точності проектних робіт, які передбачено виконати. Для того, щоб зміни рельєфу було добре видно, вертикальний масштаб профілю визначають у 5–10 разів більшим від горизонтального.

Будуючи профіль важливо правильно вибрати позначку умовного горизонту – лінію, щодо якої будують профіль (рис. 1.111). Умовний горизонт вибирають так, щоб профіль не перетинав його і був розміщений вище від лінії горизонту приблизно на 5–6 см. Позначка умовного горизонту повинна бути кратною 10 м.



Геометричне нівелювання 2010р.

МАСШТАБИ: горизонтальний 1:2 000  
вертикальний 1:200

Рис. 1.111. Поздовжній профіль траси

Відкладають пікети і проміжні точки на лінії горизенту у заданому масштабі. У кожній з одержаних точок проводять перпендикуляр до лінії умовного горизенту, на якому відкладають у вибраному вертикальному масштабі профільну позначку, що дорівнює різниці між позначкою точки та умовного горизенту.

## 7.5. Барометричне нівелювання

В основу барометричного нівелювання покладено залежність між висотою точки і величиною атмосферного тиску в

ній: чим вище знаходиться точка над рівнем моря, тим тиск менший, і навпаки. *Атмосферний тиск* – це вага стовпчика повітря, який припадає на одиницю площі. Відомо, що зі зміною тиску на 1 мм ртутного стовпчика висота змінюється приблизно на 11 м. Цю величину називають *баричним ступенем висот*. Головним приладом вимірювання є барометр-анероїд (рис. 1.112).

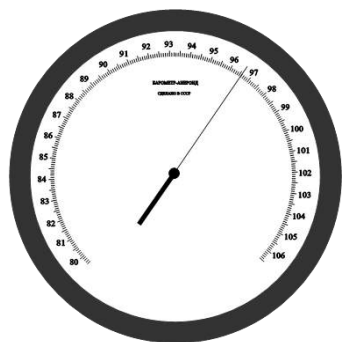


Рис. 1.112. Барометр-анероїд

Суть барометричного нівелювання полягає у визначенні різниці висот двох точок земної поверхні за результатами одночасного вимірювання атмосферного тиску в точках. Атмосферний тиск і висота точки пов'язані складною математичною залежністю, на яку впливають різні зовнішні чинники: температура і вологість повітря, місцезнаходження точки на земній

кулі, стан атмосфери і багато іншого, що врахують лише приблизно.

У міжнародній системі одиниць СІ одиницею тиску є паскаль (Па).  $1 \text{ Па} = 1 \text{ Н/м}^2$ . Величину атмосферного тиску виражають також у гектопаскалях (гПа) і кілопаскалях (кПа). Проте величину атмосферного тиску виражають також у міліметрах ртутного стовпчика (мм рт. ст.), мілібарах ( $1 \text{ мбар} = 0,760 \text{ мм рт. ст.}$ ).  $1 \text{ мм рт. ст.} = 1,33322 \text{ гПа}$ .

Робота на станції під час барометричного нівелювання полягає у спостереженні за показами анероїда  $A$ , вимірюванні температури анероїда  $t_A$ , температури повітря  $t_n$ , висоти анероїда над землею  $i$ , а також фіксуванні часу вимірювання  $V$ .

Якщо нівелювання виконують одним анероїдом, то, почавши спостереження в першій точці, виконувач обходить усі заплановані характерні точки і повертається у вихідний пункт, де знову фіксує і записує покази приладів. Далі камерально опрацьовують результати польових вимірів.

## Лекція 8

### СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ТОПОГРАФІЇ

**Сучасні (нові, новітні) технології** в топографії і геодезії пропонують єдиний комплексний підхід до роботи з геопросторовими даними, що ґрунтуються на відкритих стандартах (додаток Ц). Пропонуємо розглянути конфігуровані, розширювані, масштабовані та взаємодіючі продукти, платформи і функціональні бібліотеки, які полегшать щоденну роботу користувачів як настільних комп'ютерів, так й у хмарному чи мобільному середовищі.

#### 8.1. Фотограмметрія

**Фотограмметрія** є наукою, яка вивчає явища, форми й положення різних предметів у просторі, об'єкти та їх розміри шляхом вимірювань за їхніми фотографічного зображення. Фотограмметрію застосовують у геодезії, картографії, військовій справі, космічних дослідженнях тощо.

За способом отримання знімків розрізняють *наземну фотограмметрію* та *аерофотограмметрію*. Положення сфотографованого об'єкта визначають залежністю між координатами точок на фотознімку та об'єкта у природі.

Фотограмметрію застосовують для створення топографічних карт, вимірювання геологічних елементів залегання порід і документації гірничих робіт, проектування, зведення та експлуатації інженерних споруд, у військовій справі тощо.

**Фототопографія** є розділом фотограмметрії, який розглядає питання теорії та технології визначення координат точок місцевості й створення топографічних карт за фотознімками. Методами фототопографії також створюють плани гірничих робіт, кадастрові карти, схеми розвитку території.

Комплекс процесів для створення картографічних матеріалів називають **фототопографічним зніманням**, яке поділяють на:

- *аерофототопографічне знімання* (використовують аерофотознімки);

- наземне фототопографічне знімання (використовують наземні фотознімки);
- комбіноване фототопографічне знімання (використовують аеро- та наземні фотознімки);
- фототеодолітне знімання (використовують фототеодолітні знімки).

## 8.2. Аерофототопографічне знімання

**Аерофототопографічне знімання** – топографічне знімання на основі аерофотознімання. Метод створення топографічних планів і карт та отримання числових характеристик місцевості (профілів, цифрових моделей рельєфу тощо) з використанням аерофотознімків. Включає планове аерофотознімання, польові геодезичні роботи та камеральні фотограмметричні роботи (рис. 1.113).

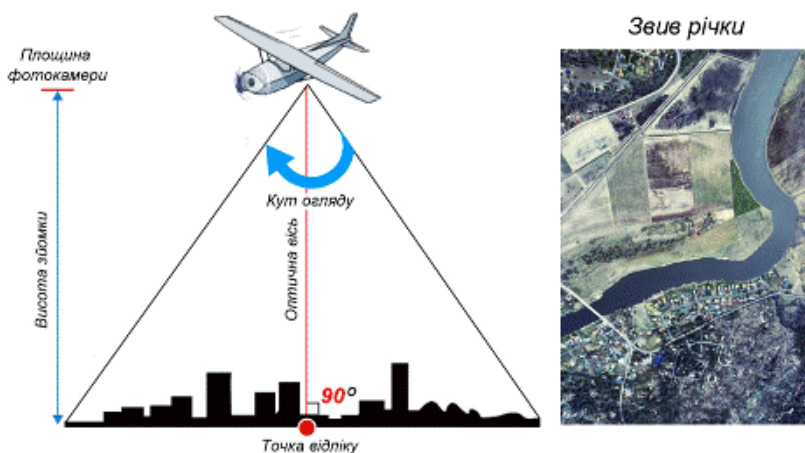


Рис. 1.113. Планове аерофотознімання

**Аерофотознімання** – фотографування земної поверхні з безпілотного літального апарата, літака чи супутника за допомогою спеціальних аерофотокамер. Дистанційний метод вивчення земної поверхні шляхом фотографування у різних областях оптичного спектра з літака чи інших літальних

апаратів (рис. 1.114). Аерофототопографічне знімання є головним методом картографування території в різних масштабах. Розрізняють *комбінований* і *стереотопографічний* методи знімання.

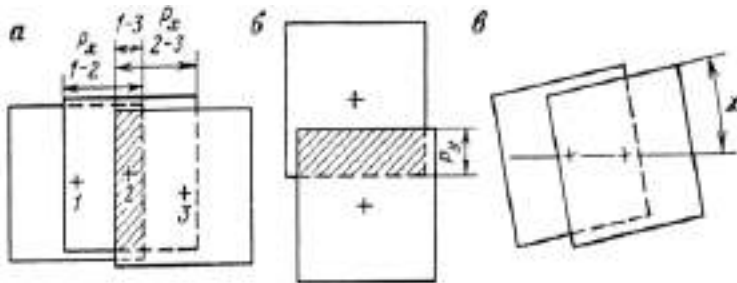


Рис. 1.114. Схема поздовжнього (а) і поперечного (б) перекриттів аерофотознімків, а також непаралельність бази фотографування сторони аерофотознімка (в)

При *комбінованому методі* аерофототопографічного знімання контурна частина плану створюється камерально на основі поодиноких аерофотознімків, а рельєф – знімають у полі тахеометром. Метод застосовують головним чином при картуванні рівнинних районів. На основі аерофотознімків за допомогою фототрансформатора створюють *фотоплан*, а за допомогою одиничного проектора – *графічний план*.

*Стереотопографічний метод* передбачає створення контурної і висотної частини плану у камеральних умовах за допомогою універсальних стереофотограмметричних приладів. Найбільший ефект стереотопографічний метод дає при складанні планів горбистих і гірських районів.

Основними характеристиками аерофотозйомки є висота і масштаб, придатний сезон і час знімання, а також сприятливі метеорологічні умови.

Аерофотознімання виконують з малих і великих висот. Від висоти польоту залежить масштаб аерознімання. Чим менше висота, тим вище розрізнення зйомки і крупніше масштаб знімків. При великій висоті аерофотозйомки розрізнення і масштаб зменшуються.

Аерофотознімання слід класифікувати за декількома критеріями: залежно від *величини кута нахилу  $\alpha$*  між головною оптичною віссю знімальної камери і відвісної прямої, аерофотозйомку поділяють на *планову ( $\alpha < 3^\circ$ )* і *перспективну ( $\alpha > 3^\circ$ )*.

При плановому зніманні оптичну вісь спрямовують вертикально вниз, у відвісне положення (під кутом  $90^\circ$ ) до земної поверхні, при якому знімок буде горизонтальним.

Планове аерофотознімання головно використовують для створення фотопланів, хоча сучасні технології фотограмметричної оброблення аерознімків таких обмежень не висувають. При цьому площа, відображена на знімку, буде менше, проте й викривлення по краях знімка будуть не такі значні, як при перспективному зніманні.

### **8.3. Безпілотні літальні апарати та безпілотні судна**

Сучасне топографічне знімання не можливе без використання безпілотних літальних апаратів і безпілотних суден (рис. 1.115).



Рис. 1.115. Безпілотні літальні апарати та безпілотні судна

**Безпілотний літальний апарат** (скор. БПЛА, UAV – *англ. unmanned aerial vehicle*) – літальний апарат, який літає та сідає без фізичної присутності пілота на його борту, здатний проводити топографічне знімання.

**Безпілотне судно** (*англ. marine drone*) – апарат для визначення глибин водойм, картографування дна гідрографічних об'єктів для моніторингу та подальших господарських потреб.

Знімальні роботи полягають у фотографуванні місцевості спеціальними фотоапаратами, встановленими у певному положенні на безпілотному літальному апараті, дроні. Зазвичай аерофотозйомку виконують прямолінійними паралельними маршрутами з частковим перекриттям сусідніх аерофотознімків одного маршруту (повздовжнє перекриття) або суміжних маршрутів (поперечне перекриття), що дозволяє визначати просторові координати точок місцевості зберігаючи за можливістю попередню висоту польоту.

Топографічну карту або план одержують стереофотограмметричним способом, при якому рельєф зображують у камеральних умовах за допомогою стереоприладів. Для цього потрібно на кожному знімку мати декілька точок з відомими висотами (висотними позначками). План місцевості складають отриманням фотоплана і перенесення на нього горизонталей зі знімків, або одночасним відображенням ситуації і рельєфу на стереоприладах.

Для отримання ортофотопланів з роздільною здатністю краще 30 см/піксель використовують БПЛА. Вони підходять для знімання невеликих територій з максимальною деталізацією. Можна отримати ортофотоплан з розміром пікселя навіть до 1 см, однак зазвичай їх виготовляють з роздільною здатністю:

- 2–3 см/піксель як основу для топографічного плану масштабу 1 : 500;
- 5–7 см/піксель як основу для топографічного плану масштабу 1 : 2 000.

*Тривимірні моделі місцевості* з БПЛА є сучасним способом візуалізації географічних об'єктів і форм рельєфу в цифровому вигляді. Такі моделі застосовують для прийняття

управлінських рішень при просторовому плануванні, проектуванні забудови, моніторингу об'єктів, збереження історичної спадщини тощо.

#### 8.4. Супутникові навігаційні системи

Прилади супутникової навігації увійшли у наше життя. Геодезичні вимірювання, геодинамічні спостереження, навігація морських суден та літаків, моніторинг транспортних засобів, персональна навігація – лише неповний перелік сфер, де сьогодні застосовують GPS-прилади.

**GPS, Система глобального позиціонування** (англ. *Global Positioning System*) – сукупність радіоелектронних засобів, що дозволяє визначати положення та швидкість руху об'єкта на поверхні Землі або в атмосфері (рис. 1.116). Положення об'єкта обчислюється завдяки використанню розміщеного на ньому GPS-приймача, який приймає та обробляє сигнали супутників космічного сегменту GPS-системи глобального позиціонування (NAVSTAR, Galileo, ГЛОНАСС та ін.).



Рис. 1.116. GPS-приймачі

Наприклад, основою системи є 32 супутники NAVSTAR, що працюють у єдиній мережі й обертаються на шести різних кругових орбітах, розташованих під кутом  $60^\circ$  одна до одної таким чином, щоб із будь-якої точки земної поверхні було

видно від чотирьох до дванадцяти таких супутників. На кожній орбіті розміщено по чотири супутники, висота орбіт приблизно дорівнює 20 200 км, а період обертання кожного супутника навколо Землі дорівнює 12 годинам. Оскільки для обчислення положення необхідно знати час із високою точністю, то, щоб усунути потребу в надточному годиннику, отримують інформацію з чотирьох чи більше супутників, тобто, GPS-приймач використовує параметри для обчислення чотирьох невідомих:  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  і  $T$ .

## 8.5. Космічні технології RTK GNSS

Сучасні геодезичні вимірювання нерідко реалізують космічні технології RTK GNSS (рис. 1.117).

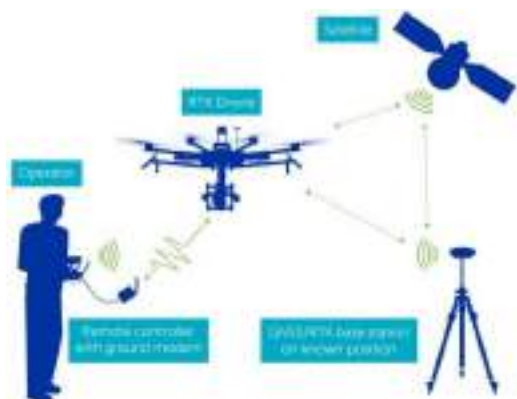


Рис. 1.117. Космічна технологія RTK GNSS

**RTK (Real Time Kinematic)** – позиціонування у режимі реального часу визначається як сукупність прийомів і методів отримання планових координат і висот точок місцевості сантиметрової точності за допомогою супутникової системи навігації з врахуванням поправок з базової станції GNSS, що приймаються апаратурою користувача під час знімання.

**GNSS (Global Navigation Satellite System)** – комплексна електронно-технічна система, що складається із сукупності наземного та космічного обладнання, а також визначення параметрів руху (швидкості, напрямку та ін.) для наземних, водних та повітряних об'єктів.

Використання сучасних геодезичних GNSS технологій, разом із останніми досягненнями у галузі засобів зв'язку, надає геодезістам нові продуктивніші можливості при виконанні різних видів польових робіт. Використання мережевих RTK має ряд переваг у порівнянні з поодинокими базовими станціями. Зокрема, вища точність, простота, економічність, можливість роботи у будь-якій ділянці місцевості.

## **8.6. Дистанційне зондування Землі**

*Дані дистанційного зондування (ДДЗ)* – інформація про географічні об'єкти та явища, отримані без посереднього контакту з ними, тобто дистанційно. Прикладом ДДЗ слугують аерофотознімки. Області застосування дистанційного зондування містять у собі картографування, моніторинг і моделювання. Дані дистанційного зондування звичайно можна використовувати для таких видів аналізу: *морфометричного; причинно-наслідкового; функціонального, системного та екологічного.*

*Ортофотоплан* є ортогональною проекцією земної поверхні. Перетворення відбувається за допомогою методу диференційного трансформування.

На сьогодні у світі нараховується понад два десятки космічних апаратів дистанційного зондування Землі, а в безпосередній реалізації програм супутникових спостережень беруть участь 25 країн. Космічні апарати дистанційного зондування використовують для цивільних завдань і для здійснення розвідки.

Дистанційне зондування може відігравати важливу роль в отриманні інформації про властивості природних та антропогенних процесів й явищ. Наприклад, відбивні і випромінювальні властивості об'єкта, зареєстровані у різних діапазонах довжин хвиль електромагнітного спектра, дозволяють одержати кількісні дані про такі властивості, як геометрія (розмір, форма, взаємне розташування і т. д.), колір і загальний вид об'єкта, температура, діелектричні властивості, вологість, склад (органічний або неорганічний).

За допомогою методів ДДЗ географи розширюють коло досліджуваних явищ, що знаходилися до останнього часу за межами можливостей безпосередніх вимірів і спостережень. При цьому реєстрація енергії здійснюється на визначеній довжині хвилі, що лежить поза видимим спектром. В інших випадках дані про об'єкти одержують протягом досить тривалого часу (наприклад, із супутника, що знаходиться на геостаціонарній орбіті) з метою контролю їхньої динаміки.

## 8.7. Лідари

*Лідари* (трансл. *LIDAR*, англ. *Light Identification, Detection and Ranging*) – технології отримання та оброблення інформації про віддалені об'єкти за допомогою активних оптичних систем, що використовують явища відбиття світла та його розсіювання у прозорих і напівпрозорих середовищах (рис. 1.118).

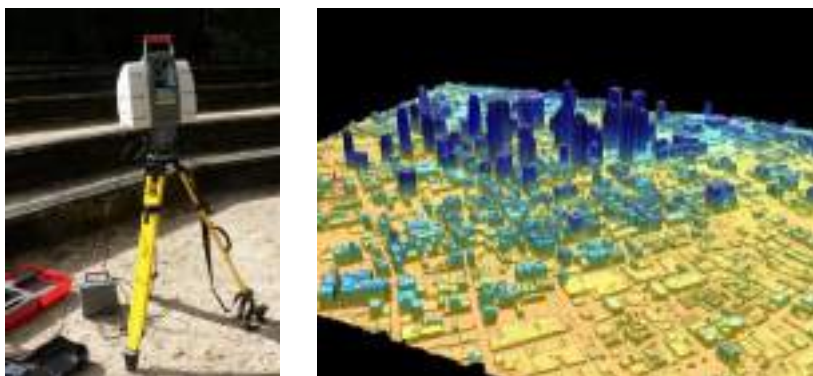


Рис. 1.118. Лідар і результат лідарного знімання місцевості

Лідар як прилад є активним далекоміром оптичного діапазону. Розрізняють скануючі та «атмосферні» лідари. *Скануючі лідари* в системах машинного зору формують двовимірну або тривимірну картину навколишнього простору. «*Атмосферні*» лідари здатні не лише визначати відстані до непрозорих відбиваючих цілей, а й аналізувати властивості прозорого середовища, яке розсіює світло. Різновидом

атмосферних лідарів є *доплерівські лідари*, що визначають напрямок і швидкість переміщення повітряних потоків в різних шарах атмосфери.

За допомогою лазерного сканування збирається великий об'єм даних, що потребує якісної опрацювання для отримання професійних продуктів. Лазерне сканування значно пришвидшує виконання проектів за рахунок зменшення обсягу польових робіт у порівнянні з традиційними методами та одночасно збільшує повноту зібраної інформації.

Головні напрямки роботи: класифікація хмар точок; створення детальних цифрових моделей рельєфу; картографування об'єктів за хмарою точок; створення 3D моделей будинків та населених пунктів та ін.

## **8.8. Геоінформаційні системи у топографії**

**Геоінформаційні системи (ГІС)** – сучасна комп'ютерна технологія, що дозволяє поєднати модельне зображення території (електронне відображення карт, схем, космо-, аерозображень земної поверхні) з інформацією табличного типу (різні статистичні дані, списки, економічні показники тощо). Також, під ГІС розуміють систему управління просторовими даними та їхніми атрибутами. Це комп'ютерна система, що забезпечує можливість використання, збереження, редагування, аналізу та відображення географічних, у тім числі топографічних, даних.

**Геоінформаційні технології, ГІС-технології** – технологічна основа створення географічних інформаційних систем, що дозволяють реалізувати їхні функціональні можливості. Серед програмного забезпечення слід виділити ArcGIS, QGIS, AutoCAD, GeoMedia, GRASS, K-MINE та ін.

У топографії будують цифрові моделі місцевості. **Цифрова модель місцевості, цифрова модель рельєфу** (англ. *Digital Elevation Model, DEM*) – у геоінформатиці є цифровим представленням рельєфу земної поверхні, створене на основі даних про рельєф та топографії місцевості. Найпоширенішими різновидами цифрової моделі рельєфу є цифрові подання топографічної поверхні у вигляді SRTM-моделі, моделі

триангуляційної мережі (*TIN*) і растрової моделі (*Grid*). На моделях відображено рельєф у вигляді масиву точок з відомими просторовими координатами *X*, *Y*, *Z*.

Серед безкоштовних ГІС-програм виокремимо *QGIS*, *Easy Trace Pro* чи *TNTmips*. Вказані програми мають відкриті версії та належну доступну документацію для користувачів.

## **8.9. Мобільні рішення для топографічних робіт**

**Мобільні застосунки** все частіше використовують у щоденному житті для:

- збирання та оновлення даних із використанням on-line/off-line карт або GPS;
- збирання точок, ліній, областей і пов'язаних з ними даних;
- заповнення форм на основі карт та польових досліджень;
- додавання фотографій, відео до ваших об'єктів;
- використання GPS-приймачів професійного рівня;
- пошук об'єктів, координат і місць;
- спрощення польових робіт завдяки інтеграції з іншими додатками.

## **8.10. Геопортали і геосервіси для потреб топографії**

**Геопортали** – єдині платформи доступу в Інтернеті або локальній мережі до інфраструктури просторових даних та інструментів їхньої обробки засобами web-браузерів.

Геопортали і геосервіси спрямовані на пошук:

- кадастрових даних з іншими кадастровими та інформаційними системами, які надаються через мережу геопорталів;
- сервісів пошуку геопросторових даних про об'єкти містобудування;
- космічних знімків та ортофотопланів та їхнє завантаження та аналіз тощо.

*Google Earth* (англ. *Earth* – Земля (планета); офіційна назва українською мовою: Google Планета Земля) – безкоштовна, вільно завантажувана програма компанії *Google*, що відображає віртуальний глобус.

У рамках цього проєкту в мережу Інтернет викладено аерофотознімки та космоснімки більшої частини Землі. Для окремих регіонів ці знімки сягають дуже високої якості. Програма поширюється під двома різними ліцензіями: *Google Earth*, безкоштовна версія з обмеженою функціональністю; та *Google Earth Pro*, що пропонується для комерційного використання. Програму, яка первісно була англomовною, перекладено 45 мовами, зокрема й українською мовою.

*Land Viewer* – інструмент для роботи із супутниковими даними. Він дозволяє оперативнo шукати, обробляти та отримувати цінну інформацію із супутникових знімків для вирішення різних географічних завдань. Передбачає оброблення даних на льоту, просунуту аналітику, просту інтеграцію у різні ГІС-продукти.

**Геосервісу** – географічні сервіси, розроблені на основі сервісу *Google Earth*. Широкого поширення, зокрема для освітніх цілей, набули *мешапи* (англ. *mash up* – змішувати), комбіновані сервіси, які утворилися від поєднання можливостей геосервісу *Google Earth* з можливостями інших сервісів *Веб 2.0*. Наприклад, розміщення користувачами на віртуальних картах своїх фотографій, коментарів та створення віртуальних спільнот на основі геосервісів.

До відомих геосервісів Інтернету (мешапів) відносимо такі: Вікі-Мапія (*Wikimapia*); Панораміо (*Panoramio*); Геокешинг; Геотагінг.

### **8.11. Новітні цифрові технології у військовій справі**

Реалізація новітній технологій у топографії і геодезії стає у пригоді військовим для:

- створення геопросторових додатків для забезпечення аналітичних рішень;

- зберігання векторних даних та даних хмар точок, робочих процесів, аналітики та запитів;
- контролю реальних змін та оцінки дій окремих підрозділів;
- створення динамічних додатків, які розкривають можливості розширеної геопросторової аналітики і ситуаційної обізнаності у реальному часі;
- підтримки тисяч рухомих треків і мільйонів даних хмар точок та аналіз з інтегрованою 2D/3D візуалізацією.



# СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

---

## Основна література:

1. Військова топографія / А. М. Кривошеєв, А. І. Приходько, В. М. Петренко, Р. В. Сергієнко. Суми, 2010. 281 с. URL: [https://shron1.chtyvo.org.ua/Kryvosheiev\\_Andrii/Viiskova\\_to\\_pohrafiia.pdf?PHPSESSID=gp516g9381r1u62q20no1t6m52](https://shron1.chtyvo.org.ua/Kryvosheiev_Andrii/Viiskova_to_pohrafiia.pdf?PHPSESSID=gp516g9381r1u62q20no1t6m52).
2. Грабовий В. М. Геодезія. Житомир, 2004. 455 с. URL: <https://studfile.net/preview/5651448/>.
3. Земледух Р. М. Картографія з основами топографії. Київ, 1993. 456 с.
4. Ляшенко Д. О. Картографія з основами топографії : навчальний посібник для вищих навчальних закладів. Київ : Наукова думка, 2008. 184 с. URL: <https://www.nas.gov.ua/EN/Book/Pages/default.aspx?BookID=0000002704>.
5. Мороз О. І. Топографія : навчальний посібник. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2016. 220 с. URL: [https://vlp.com.ua/files/150231\\_zmist.pdf](https://vlp.com.ua/files/150231_zmist.pdf).
6. Основи топографії: навчальний посібник для студентів геологічних спеціальностей / укл.: Л. М. Хом'як. Львів : Львівський національний університет імені Івана Франка, 2015. 96 с. URL: <https://geology.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2014/12/Osnovy-topohrafii.pdf>.
7. Ратушняк Г. С. Топографія з основами картографії. Київ: Центр навчальної літератури, 2003. 208 с. URL: [http://univer.nuczu.edu.ua/tmp\\_metod/939/G.S.Ratushnya\\_k\\_Topografiya\\_z\\_osnovami\\_kartografiji.pdf](http://univer.nuczu.edu.ua/tmp_metod/939/G.S.Ratushnya_k_Topografiya_z_osnovami_kartografiji.pdf).
8. Топографія з основами геодезії: підручник / А. П. Божок, В. Д. Барановський, К. І. Дрич та ін. / за ред. А. П. Божок. Київ : Вища школа, 1995. 275 с.
9. Markoski V. Basic Principles of Topography. 1st ed. Springer, 2018. 231 p.

10. An Introduction to Topography / Royce Sutton (Editor). New York : Larsen and Keller, 2017. 269 p.

### **Допоміжна література:**

11. Ващенко В., Літинський В., Перій С. Геодезичні прилади та приладдя. Навчальний посібник. 3-тє видання. Львів : Євросвіт, 2009. 208 с.
12. Картографія з основами топографії. Частина I. Топографія : Навчальний посібник для студентів географічних спеціальностей педагогічних університетів / Укладачі : Хаєцький Г. С., Стефанков Л. І. Вінниця : ВДПУ, 2014. 132 с. URL: [https://library.vspu.edu.ua/polki/akredit/kaf\\_3/haeckiy5.pdf](https://library.vspu.edu.ua/polki/akredit/kaf_3/haeckiy5.pdf).
13. Лозинський В. В. Топографо-геодезична термінологія (довідкове видання). Львів : Вид-во НУ «Львівська політехніка», 2002. 77 с.
14. Лозинський В. В. Топографо-географічний словник. Львів, 2007. 252 с.
15. Лозинський В. В. Топографічне і картографічне креслення. Львів, 2009. 55 с. URL: <https://geography.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2021/04/Lozynskyy-V.-top-kart-book.pdf>
16. Лозинський В. В. Топографічна карта. Навчально-методичний посібник. Львів : ВЦ ЛНУ ім. І. Франка, 2012. 76 с. URL: <https://geography.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2021/04/Lozynskyy-V-top-karta-2010-book.pdf>.
17. Лозинський В. В., Андрейчук Ю. М. Картографо-топографічний словник-довідник: навчальний посібник / В. В. Лозинський, Ю. М. Андрейчук ; за наук. ред. проф. І. П. Ковальчука. Київ; Львів : НУБІП України; ЛНУ ім. І. Франка, 2014. 256 с. URL: [https://geography.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2023/10/Slovyk\\_dovidnyk\\_Lozynskyy\\_Andreychuk-book.pdf](https://geography.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2023/10/Slovyk_dovidnyk_Lozynskyy_Andreychuk-book.pdf).
18. Калинич І. В., Гриник Г. Г., Ничвид М. Р. Геодезія: навчальний посібник. Ужгород : ДВНЗ «УжНУ», 2020. 248 с. URL: <https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/handle/lib/31333>.

19. Островський А. Л. Геодезія. Частина перша. Геодезія. Підручник. Львів : Видавництво НУ «Львівська політехніка», 2008. 564 с. URL: [https://shron1.chtyvo.org.ua/Ostrovskiy\\_Apolinariii/Heodeziia\\_chastyna\\_II.pdf](https://shron1.chtyvo.org.ua/Ostrovskiy_Apolinariii/Heodeziia_chastyna_II.pdf).
20. Островський А. Л. Геодезія. Частина друга. Топографія. Навчальний посібник. Львів : Вид-во Львівської політехніки, 2011. 440 с. URL: <https://vlp.com.ua/node/6825>.

### **Електронні ресурси:**


21. Картографія з основами топографії. Частина I. Топографія: Навчальний посібник для студентів географічних спеціальностей педагогічних університетів / укладачі: Хаецький Г. С., Стефанков Л. І. Вінниця : ВДПУ, 2014. 132 с. URL: [https://library.vspu.edu.ua/polki/akredit/kaf\\_3/haeckiy5.pdf](https://library.vspu.edu.ua/polki/akredit/kaf_3/haeckiy5.pdf).
22. Лозинський В. В., Андрейчук Ю. М. Картографо-топографічний словник-довідник : навчальний посібник. 2014. 256 с. URL: [https://geography.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2023/10/Slovyk\\_dovidnyk\\_Lozynskiy\\_Andreychuk-book.pdf](https://geography.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2023/10/Slovyk_dovidnyk_Lozynskiy_Andreychuk-book.pdf).
23. Лозинський В. В. Топографічна практика. Навчально-методичний посібник. Львів : ФОР Корпан Б. І., 2013. 104 с. URL: [https://geography.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2021/04/Lozynskyy-V-topograf\\_prakt\\_2013-book.pdf](https://geography.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2021/04/Lozynskyy-V-topograf_prakt_2013-book.pdf).
24. Лозинський В. В. Топографічні знімання ділянок місцевості. Навчально-методичний посібник. Львів, 2012. 116 с. URL: [https://geography.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2021/04/Lozynskyy-V-topograf\\_zniman\\_2012-book.pdf](https://geography.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2021/04/Lozynskyy-V-topograf_zniman_2012-book.pdf).
25. Лозинський В. В. Контрольні запитання і завдання з курсу «Топографія з основами геодезії». Навчально-методичний посібник. Львів : ВЦ ЛНУ ім. І. Франка, 2012. 72 с. URL: <https://docplayer.net/78146614-Kontrolni-zapitannya-i-zavdannya.html>.
26. Лозинський В. В. Основи топографічного креслення. Навчально-методичний посібник. Львів : ВЦ ЛНУ ім. І. Франка, 2011. 121 с. URL: <https://geography.lnu.edu>.

[ua/wp-content/uploads/2021/04/Lozynskyy-V-osnovy-topogr-kresl-book.pdf](https://geography.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2021/04/Lozynskyy-V-osnovy-topogr-kresl-book.pdf).

27. Лозинський В. В., Ключник В. В. Топографія з основами геодезії. Методичні вказівки до вивчення курсу. Львів, 2011. 24 с. URL: <https://geography.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2015/07/top.pdf>
28. Лозинський В. В. Топографічна карта. Навчально-методичний посібник. Львів : ВЦ ЛНУ ім. І. Франка, 2010. 67 с. URL: <https://geography.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2021/04/Lozynskyy-V-top-karta-2010-book.pdf>.
29. Модельні навчальні програми для 5–9 класів нової української школи. URL: <https://mon.gov.ua/ua/osvita/zagalna-serednya-osvita/navchalni-programi/modelni-navchalni-programi-dlya-5-9-klasiv-novoyi-ukrayinskoyi-shkoli-zaprovadzhuyutsyapoetapno-z-2022-roku>.
30. Навчальна програма для закладів загальної середньої освіти. Географія 6–9 класи. 2022. URL: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/zagalna%20serednya/programy-5-9-klas/2022/08/15/navchalna.programa-2022.geography-6-9.pdf>.
31. НУШ. Нова українська школа. URL: <https://nus.org.ua>.
32. Ратушняк Г. С. Топографія з основами картографії. Київ: Центр навч. літератури, 2003. 208 с. URL: [http://univer.nuczu.edu.ua/tmp\\_metod/939/G.S.Ratushnyak\\_Topografiya\\_z\\_osnovami\\_kartografiji.pdf](http://univer.nuczu.edu.ua/tmp_metod/939/G.S.Ratushnyak_Topografiya_z_osnovami_kartografiji.pdf)

### **Методичне забезпечення:**

33. Лозинський В. В. Топографічна карта. Львів, 2010. 56 с. URL: <https://geography.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2021/04/Lozynskyy-V-top-karta-2010-book.pdf>.
34. Лозинський В. В. Топографічна практика: навчально-методичний посібник. Львів : ФОП Корпан Б. І., 2013. 104 с. URL: <https://geography.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2021/04/Lozynskyy-V-topograf-prakt-2013-book.pdf>.
35. Лозинський В. В. Топографічні знімання ділянок місцевості. Видання друге, доопрацьоване і доповнене.

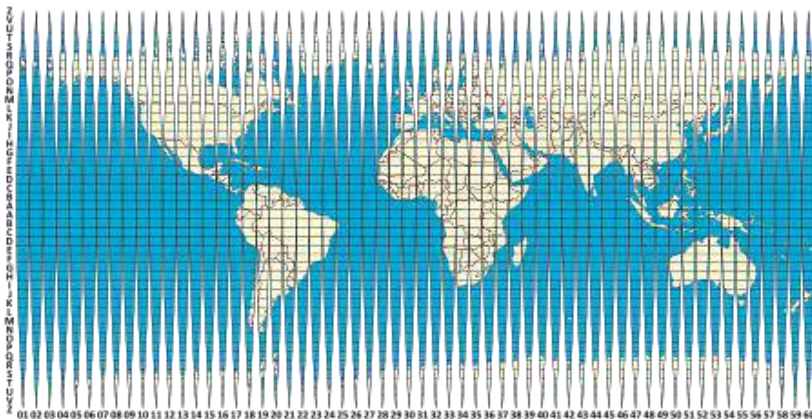
- Львів : ЛНУ ім. І. Франка, 2012. 116 с. URL: [https://geography.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2021/04/Lozynsky-V-topograf\\_zniman\\_2012-book.pdf](https://geography.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2021/04/Lozynsky-V-topograf_zniman_2012-book.pdf).
36. Лозинський В. В., Ключник В. В. Топографія з основами геодезії. Методичні вказівки до вивчення курсу. Львів, 2011. 24 с. URL: <https://geography.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2015/07/top.pdf>.
37. Патрушева Л. І. Топографія з основами картографії : методичні рекомендації. Миколаїв : Вид-во ЧДУ ім. П. Могили, 2015. 48 с. URL: <https://dspace.chmnu.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/89/1/Патрушева%20Л.%20І.%20Топографія%20з%20основами%20картографії.pdf>.
38. Топографо-геодезичний практикум. Навчальний посібник / В. І. Ващенко, В. О. Літинський, С. С. Перій. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2018. 428 с. URL: [https://vlp.com.ua/files/170042\\_zmist.pdf](https://vlp.com.ua/files/170042_zmist.pdf).
- 

# ДОДАТКИ

---

*Додаток А*

Зональна система плоских прямокутних координат.  
Проекція Гауса-Крюгера



*Додаток Б*

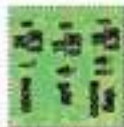
З'єднання листів топографічних карт у системі плоских  
прямокутних координат Гауса-Крюгера



## Приклади масштабних (площинних) умовних знаків

## РОСЛИННИЙ ПОКРИВ ТА ГРАНТИ

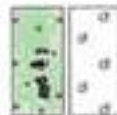
Лісок:



мішаний  
листяний  
хвойний

Характеристика дорослого в метрах:  
15 – середня висота дерев, 0.30 – середня товщина стовбура, 5 – середня відстань між деревами

Поросль лісу, молоді посади висотою до 4м  
(2 – середня висота дерев у метрах)



Річковіеса

Вузькі смуги лісу та землі лісовозаповіддя  
(6 – середня висота дерев у метрах)

Окремі гаї, що не виражаються в масштабі карти, але мають значення орієнтира:  
а) хвойні, б) листяні, в) мішані



Поздовжні дерева, що мають значення орієнтира



Порошки в лісі (4 – шарпана гірська в метрах)

Ділячки лісу:

а) вирубані; б) горілі; в) буреломи

Чагарники:

окремі кущі та групи кущів

суцільні зарості кущів (1 – середня висота кущів в метрах)

Трав'яна рослинність:

а) лугова б) зарості енерету

Сади фруктові

Пісок річки

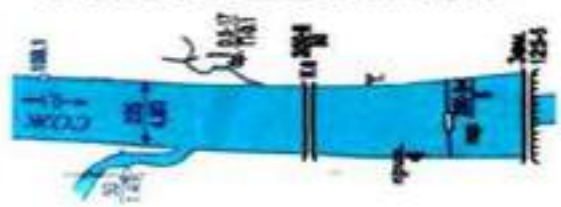
Болота непрохідні та важкопрохідні (0.7 – глибина в метрах)

Болота прохідні (0.5 – глибина в метрах)

Приклади лінійних і позамасштабних умовних знаків

	Лінійні електропередачі на дерев'яних стовпах і залізобетонних стовпах висотою до 14 м		Промислові підприємства: а) з трубами; б) без труб
	Лінійні газові		Уста діючих шахтних стовбурів та шахтен
	Шляхи сполучення		Розробки корисних копалин відкритим способом - кар'єри (ліс., сав. - матеріал відомої клас.); 3 - глибина кар'єру в метрах
	Залізничні та залізничні споруди		Торфозаготовки
	одноконтурні електролінійні; роз'їзди		Складі гальмівного, цистернок, вагонів
	двоконтурні електролінійні; станції		Електростанції
	вузькоколійні		Радіостанції та телевізійні центри, телевізійні та радіорелейні вежі (60 - висота вежі в метрах)
	залізничні на невисоких та у виїмках (5 - висота або глибина в метрах)		Аеродроми
	Автомобільні дороги		Капітальні споруди баштового типу
	з урвонасиченим покриттям (8 - ширина проїжджої частини, 12 - ширина земляного полотна в метрах, А - матеріал покриття)		Водяні млини та водні електростанції
	з покриттям (5 - ширина проїжджої частини, 8 - ширина земляного полотна в метрах, К - матеріал покриття)		Вітряки
	без покриття (поліпшені ґрунтової дорожці) (6 - ширина дорожки в метрах)		Пасиви
	Путьові		Будинки лісника
	Польові та лісові дороги		Телеграфні установи та телефонні станції
	а) Мости та шляхопроводи на дорогах, що не відносяться в масштабі карти		Станції метеорологічні
	б) Труби		Церкви, кладовища
			Пам'ятники, монументи, братські могили
			а) Кладовища; б) кладовища з густою деревною рослинністю

Приклади пояснювальних умовних знаків



Напрямок і швидкість течії річок в м/с

Характеристичні річки та канали: 225; 50 – ширина в метрах; 4,8, 1,4 – глибина в метрах; П – характер ґрунту дна

Броди (0,5 – глибина, 17 – довжина, П – характер ґрунту, 0,1 – швидкість течії в м/с)

Мости та інші характеристики (К – матеріал споруди, 8 – висота низу ферми над рівнем води на судноплавних річках, 350 – довжина мосту, 8 – ширина проїжджої частини в метрах, 50 – швидкість у тоннах)

Пристані з обмеженими причалами

Поромні (250 – ширина річки в метрах, 5/4 – розмір вантажної палуби порому в метрах, 5 – швидкість у тоннах)

Греблі проїжджі (зем. – матеріал споруди, 125 – довжина, 5 – ширина в метрах)

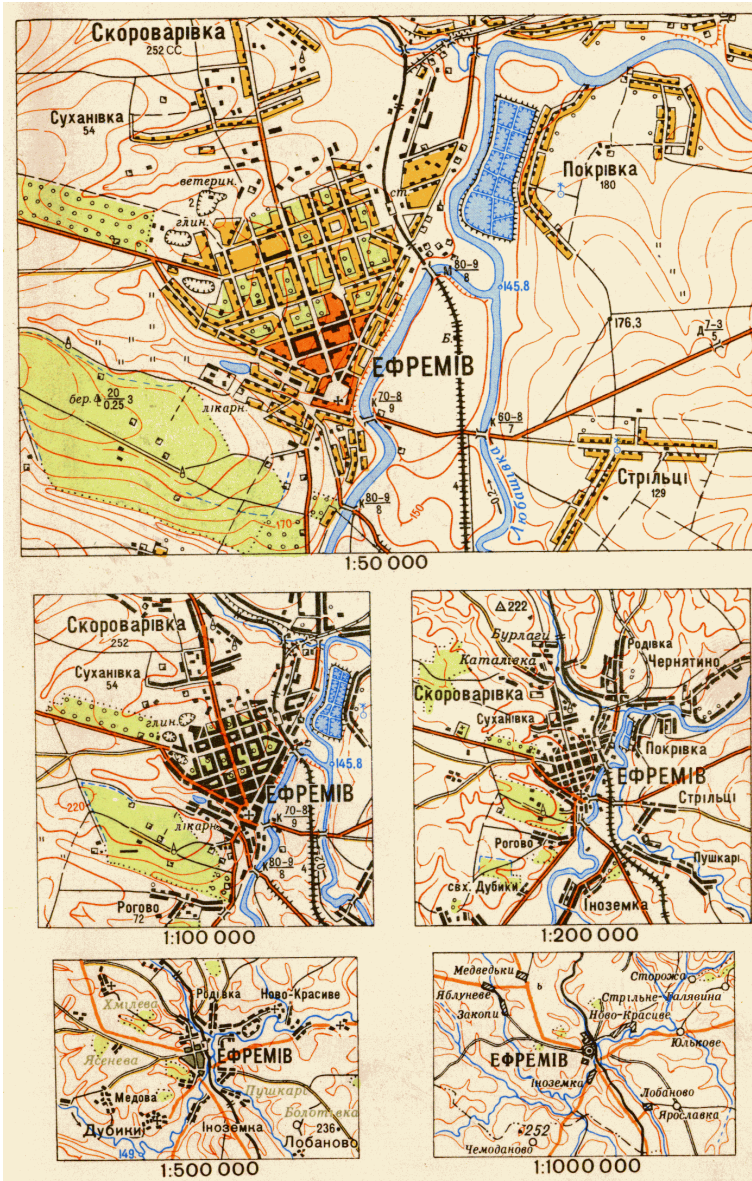


з удосконаленням покриттям (8 – ширина проїжджої частини, 12 – ширина земляного полотна в метрах, А – матеріал покриття)




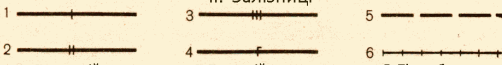
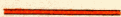


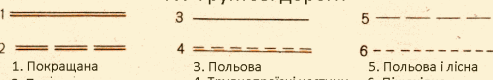

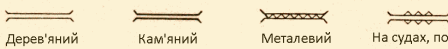

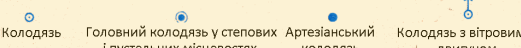




з покриттям (5 – ширина проїжджої частини, 8 – ширина земляного полотна в метрах, К – матеріал покриття)

Характеристика деревостову в метрах: 16 – середня висота дерев, 0,30 – середня товщина стовбура, 5 – середня відстань між деревами

Генералізація населених пунктів на карті

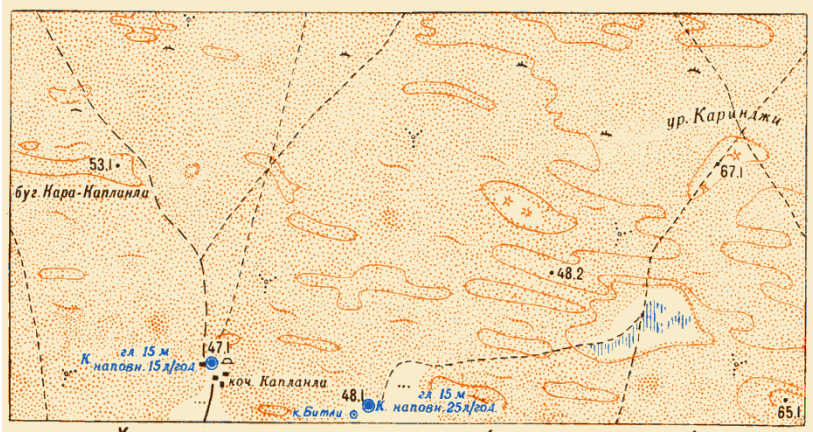


Узагальнення умовних знаків

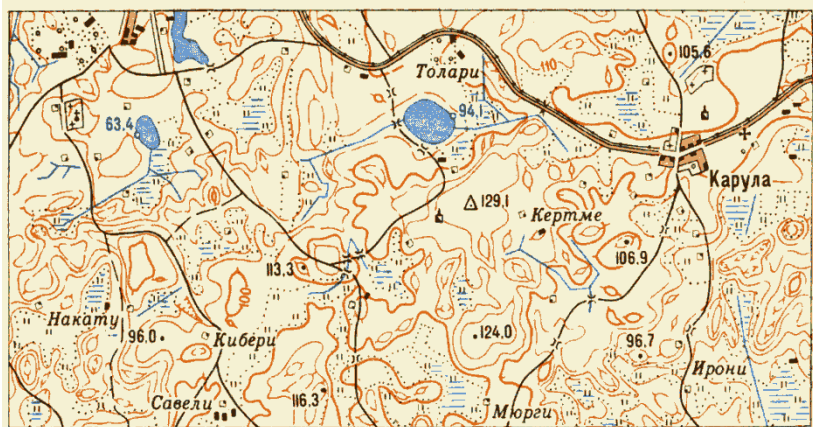
Рисунок основного (вихідного) умовного знака	Різновидності умовного знака
	<p><b>I. Квартали в населених пунктах</b></p>  <p>Квартали, де переважають будівлі: 1-невогнестійки; 2-вогнестійки</p>
	<p><b>II. Залізниці</b></p>  <p>1. Одноколійна 2. Двоколійна 3. Триколійна 4. Електрофікована одноколійна 5. Ті, що будуються 6. Вузькоколійна</p>
	<p><b>III. Шосейні дороги</b></p>  <p>1. Автострада 2. Удосконалене шосе 3. Шосе 4. Шосе, що будуються</p>
	<p><b>IV. Грунтові дороги</b></p>  <p>1. Покрацана 2. Покрацана, що будується 3. Польова 4. Труднопроїзні частини доріг 5. Польова і лісна 6. Пішохідна</p>
	<p><b>V. Мости</b></p>  <p>Дерев'яний Кам'яний Металевий На судах, понтонах і плотах</p>
	<p><b>VI. Колодязі</b></p>  <p>Колодязь Головний колодязь у степових і пустельних місцевостях Артезіанський колодязь Колодязь з вітровим двигуном</p>
	<p><b>VII. Болота</b></p>  <p>Прохідне Прохідне трав'янисте Непрохідне і труднопрохідне</p>
	<p><b>VIII. Піски</b></p>  <p>Рівні Лункові і пористі Барханні Бугристі Грядові і дюнні</p>



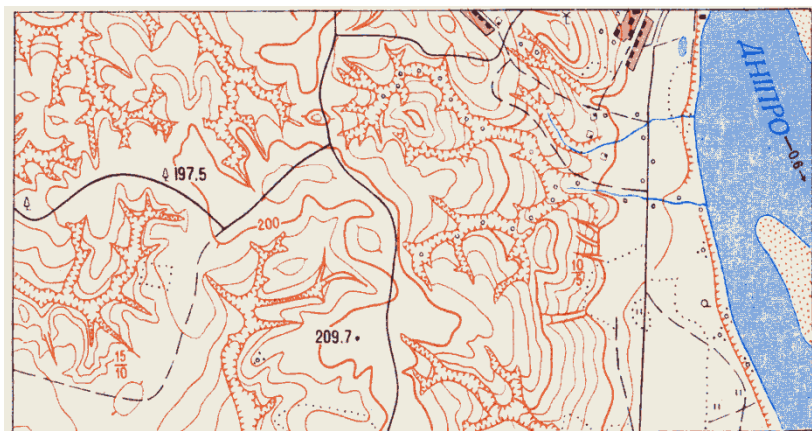
Додаток Л  
Горбиста відкрита місцевість (піщано-пустельсна)



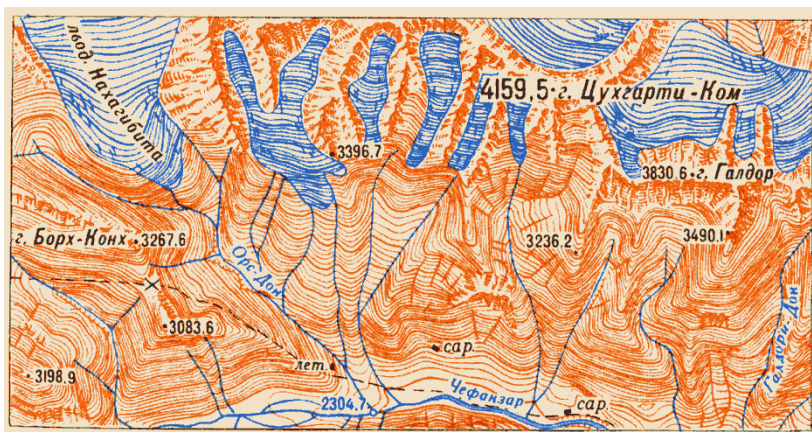
Додаток М  
Горбиста напівзакрита місцевість



Додаток Н  
Горбиста напівзакрита пересічена місцевість



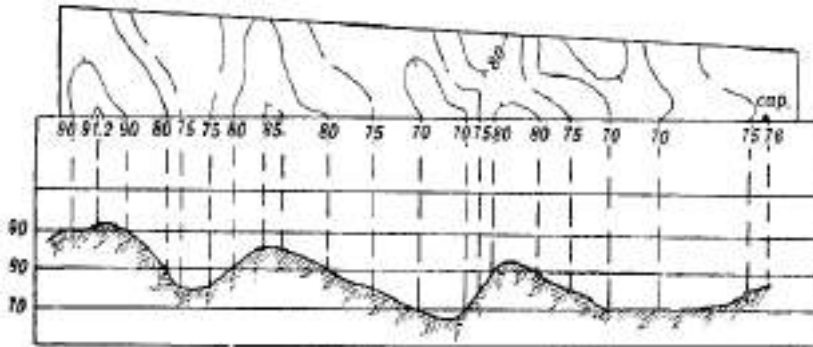
Додаток П  
Горбиста напівзакрита пересічена місцевість



Профільна лінія і побудова профілю



а)

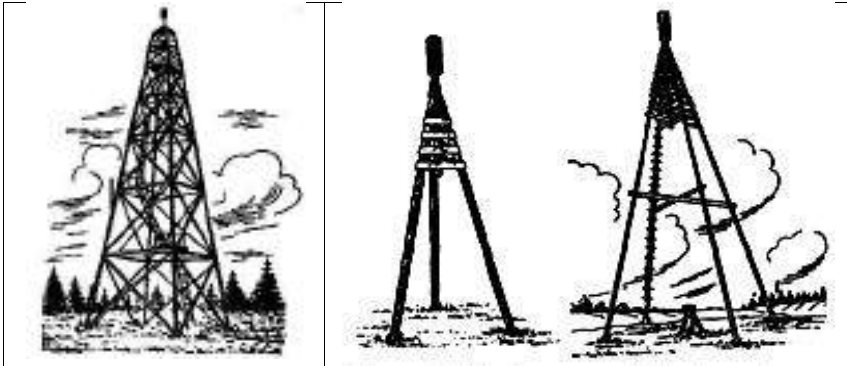


б)

Умовні позначення:  
а) профільна лінія; б) побудований профіль

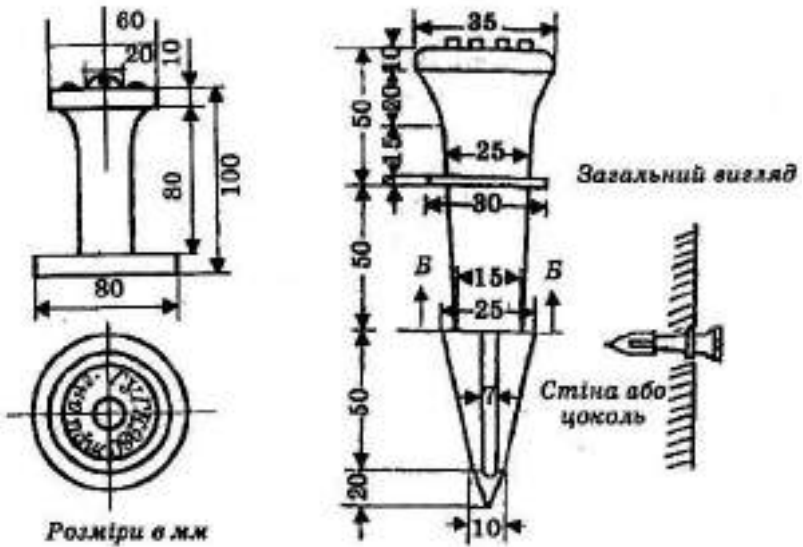
Додаток С

Прості і триангуляційні піраміди



Додаток Т

Типи постійних стінних знаків



## Характеристики оптичного теодоліта 2ТЗ0П



Вага теодоліта	2,3 кг
Вага теодоліта у футлярі	3,5 кг
Вага штативу	5,8 кг
Середня квадратична похибка вимірювання:	
горизонтального кута	20"
вертикального кута	30"
Похибка орієнтування за бусоллю	30'
Межі вимірювання вертикального кута	+60 – -55°
Збільшення зорової труби	20х
Зображення	обернене
Поле зору	2°
Ціна поділки лімба	1°
Ціна поділки аліадади	5'

Додаток Ф

Характеристики електронного теодоліта DE-5A



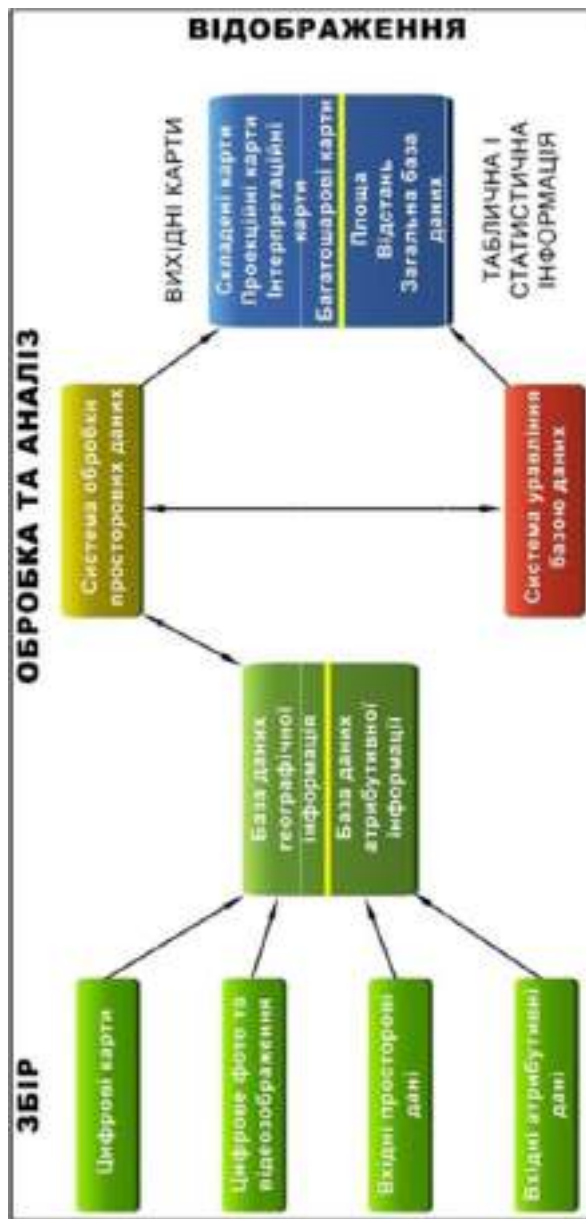
Вага теодоліта	5,7 кг
Вага теодоліта у футлярі	7,4 кг
Вага штативу	3,0 кг
Середня квадратична похибка вимірювання:	
горизонтального кута	5"
вертикального кута	5"
Межі вимірювання вертикального кута	~+45 – -45°
Збільшення зорової труби	30x
Зображення	пряме
Поле зору	1°30'
Ціна поділки лімба	-
Ціна поділки аліадади	-
Похибка зняття відліку з лімба	1"/5"

Характеристики нівеліру Н-3



Вага нівеліра	1,8 кг
Збільшення зорової труби	31,5х
Зображення	обернене
Найменшу відстань візування	1 м
Ціна поділки рівнів:	
круглого	10'
контактного циліндричного	15"

Схема використання сучасних технологій в топографії



НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

ІВАНОВ Євген Анатолійович  
ВОЙТКІВ Петро Степанович

**ТОПОГРАФІЯ:  
ТЕОРІЯ І ПРАКТИКА**

**Частина 1. ЛЕКЦІЇ**

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

*Друкується в авторській редакції*

Львівський національний університет імені Івана Франка  
79000, м. Львів, вул. Дорошенка 41  
Підп. до друку 25.09.2025. Формат 60×84/8.  
Папір друк. Друк на різогр. Гарнітура Arial.  
Умов. друк. арк. 9,95. Наклад 100 прим. Зам. \_\_.

Надруковано з готових діапозитивів  
у друкарні ТзОВ «Простір-М»  
79000, м. Львів, вул. Чайковського, 8