

528(0.75)
P25

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ЗМІСТУ І МЕТОДІВ НАВЧАННЯ
ВІННИЦЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Г.С. РАТУШНЯК, Г.С. ПОПОВА

**ВИКОРИСТАННЯ
ТОПОГРАФІЧНИХ КАРТ І ПЛАНІВ
ПРИ ПРОЕКТУВАННІ СПОРУД**

ВІННИЦЯ 1997

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ЗМІСТУ І МЕТОДІВ НАВЧАННЯ
ВІННИЦЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Г.С. РАТУШНЯК, Г.С. ПОПОВА

ВИКОРИСТАННЯ ТОПОГРАФІЧНИХ КАРТ І ПЛАНІВ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ СПОРУД

Навчальний посібник
для студентів спеціальностей:

- 7.092101 - "Промислове та цивільне будівництво";
7.092601 - "Теплогазопостачання, вентиляція та
охорона повітряного басейну"

2000

Рекомендовано
Міністерством освіти

НТБ ВНТУ



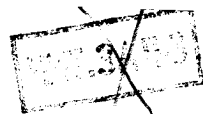
396913

528(075)

P 25

1997

Ратушняк Г.С. Використання топографічних



ВІННИЦЯ 1997

"Використання топографічних карт і планів при проектуванні споруд", Навч. посібник /Г.С.Ратушняк, Г.С.Попова. -В.: ВДТУ, 1997. - 125 стор.Укр. мовою/.

ISBN 5-7763-8393-5

Посібник тлумачить один з важливих розділів навчальної дисципліни "Інженерна геодезія".

Приведені загальні відомості з інженерної геодезії. Наводяться відомості про фігуру й розміри Землі та системи координат геодезії, орієнтування ліній, відомості про топографічні карти й плани. Викладена методика розв'язання задач на топографічних картах і планах при проектуванні споруд. До кожної глави наведені тестові завдання та задачі для проведення контролю та самоконтролю засвоєння знань студентами.

Призначений для студентів будівельних спеціальностей вузів при вивченні теорії та отриманні практичних навичок розв'язання завдань.

Іл. 40, Табл. 45, Бібліогр. - 18 назв.

396 913

Рецензенти: д-р техн. наук М.Ф.Друкований, (Вінницький державний технічний університет); канд. техн. наук П.Г.Черняга (Українська державна академія інженерів водного господарства); канд. геогр. наук І.М.Пішошенко (Вінницький державний педагогічний інститут).

ISBN 5-7763-8393-5



З М І С Т

Відомості про авторів.....	5
Передмова.....	6
Глава 1. Загальні відомості з інженерної геодезії.....	11
1.1. Предмет та задачі геодезії в будівництві.....	11
1.2. Зв'язок геодезії з іншими науками та історія її розвитку.....	12
1.3. Організаційні форми геодезичної служби України.....	14
1.4. Метрологічні основи геодезичних вимірювань.....	17
1.5. Тестові завдання до глави 1.....	19
1.6. Задачі до глави 1.....	22
Глава 2. Відомості про фігуру та розміри Землі. Системи координат геодезії.....	26
2.1. Відомості про фігуру та розміри Землі.....	26
2.2. Системи координат, що використовуються в геодезії.....	30
2.2.1. Основні лінії та площини еліпсоїда.....	30
2.2.2. Географічні координати.....	32
2.2.3. Плоскі прямокутні координати.....	33
2.2.4. Полярні координати.....	34
2.2.5. Віполярні координати.....	35
2.2.6. Висоти точок.....	36
2.3. Система плоских прямокутних координат Гауса-Крюгера.....	37
2.4. Врахування кривизни земної поверхні при визначенні горизонтальних відстаней та висот.....	41
2.5. Тестові завдання до глави 2.....	43
2.6. Задачі до глави 2.....	46
Глава 3. Орієнтування ліній.....	56
3.1. Кути орієнтування.....	56
3.2. Визначення географічного азимута.....	62
3.3. Визначення магнітного азимута.....	65
3.4. Тестові завдання до глави 3.....	67
3.5. Задачі до глави 3.....	69
Глава 4. Топографічні карти й плани.....	83
4.1. Загальні відомості про карти й плани.....	83
4.2. Масштаби топографічних планів і карт.....	85
4.3. Рельєф місцевості та його зображення на картах і планах.....	88
4.4. Тестові завдання до глави 4.....	91
4.5. Задачі до глави 4.....	94

Глава 5. Розв'язання задач на топографічних картах і планах при проектуванні споруд.....	101
5.1. Визначення відстані на карті.....	101
5.2. Обчислення географічних координат точки.....	103
5.3. Обчислення прямокутних координат точки.....	105
5.4. Нанесення на карту пункту за відомими координатами.....	106
5.5. Обчислення дирекційного кута й румба заданого напрямку.....	108
5.6. Обчислення географічного і магнітного азимутів.....	111
5.7. Розв'язання задач за допомогою горизонталей.....	112
5.7.1. Обчислення позначки точки.....	112
5.7.2. Обчислення крутизни схилу.....	114
5.7.3. Побудова профіля заданого напрямку.....	115
5.8. Підрахунок обсягів земляних робіт.....	117
5.9. Встановлення номенклатури аркуша карти.....	118
5.10. Індивідуальні завдання для СРС до глави 5.....	120

РАТУШНЯК ГЕОРГІЙ СЕРГІЙОВИЧ – кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри газопостачання та інженерного забезпечення будівництва, декан факультету будівництва та його інженерного й економічного забезпечення Вінницького державного технічного університету, лауреат першої премії Міністерства вищої та середньої освіти УРСР "За досягнення в навчально-виховній та науково-методичній роботі". Автор 170 опублікованих наукових та навчально-методичних робіт, в тому числі 21 винаходу, що захищені авторськими свідоцтвами. На основі 25-річного науково-педагогічного досвіду підготував і опублікував 41 методичний та навчальний посібник. Навчальні посібники "Інженерна геодезія", "Практикум по инженерной геодезии в строительстве" і "Инженерные изыскания и специальные гидролого-климатические исследования" затверджені Міністерством освіти України як навчальні посібники для студентів вузів будівельних спеціальностей.

Наукові дослідження Ратушняка Г.С. направлені на вдосконалення методології гідрометеорологічних вишукувань з метою інтерпретації природно-ресурсного потенціалу та розробку технічних засобів по раціональному використанню природного середовища в результаті антропогенної діяльності. Значну увагу приділяє вирішенню актуальної проблеми педагогіки вищої школи, що пов'язана з активізацією пізнавальної діяльності студентів в період їх адаптації в ВУЗі шляхом впровадження прогресивних технологій навчання.

ПОПОВА ГАЛИНА СЕРГІЙВНА – асистент кафедри газопостачання та інженерного забезпечення будівництва. Автор більше 20 опублікованих наукових та навчально-методичних робіт. На основі 16-річного науково-педагогічного досвіду підготувала й опублікувала 8 навчально-методичних вказівок до виконання лабораторних, розрахунково-графічних робіт та курсових проектів.

Наукові дослідження Попової Г.С. направлені на розв'язання актуальної проблеми педагогіки вищої школи, а саме "Активізації навчальної діяльності студентів на основі модульно-рейтингової системи навчання".

Ринкові відносини та нові умови інвестицій в будівництво потребують реформування змісту підготовки спеціалістів для будівельної індустрії. В умовах науково-технічного прогресу посилюється необхідність насичення будівельної галузі прогресивними технологіями виробництва, розробками та використанням нових конструкцій та матеріалів, машин і механізмів високої динамічної потужності, високопродуктивного обладнання, автоматизованих технологічних ліній, засобів малої механізації, раціональним використанням виробничих, енергетичних та сировинних ресурсів. Відповідно до кваліфікаційних вимог спеціальності майбутні інженери-будівельники повинні отримати глибокі знання та високий рівень підготовки з загальнопрофесійної дисципліни "Інженерна геодезія". Їм необхідно добре знати сучасні геодезичні прилади, які використовуються в будівництві, вірно і раціонально розв'язувати геодезичні задачі в процесі проектування, будівництва та експлуатації різних господарських об'єктів та споруд, обробляти отриману інформацію та моделювати виробничі процеси, а також знаходити оптимальні варіанти розв'язання цих задач за допомогою ЕОМ.

Інженерна геодезія викладається на першому курсі, коли студенти адаптуються до навчання у вузі. Цей перехідний період потребує розробки такої методики викладання дисципліни, яка б відповідала дидактичним принципам педагогіки вищої школи, сприяла активізації навчальної діяльності студентів та дозволила працювати творчо і цілеспрямовано.

Продуктивний етап процесу навчання, направлений на удосконалення практичної підготовки студентів та підвищення рівня мотивації, здійснюється за модульно-рейтинговою системою (МРС) організації навчального процесу. Така прогресивна система забезпечує технологічність навчання і його ефективність. Модульна технологія викладання інженерної геодезії розроблена відповідно до кваліфікаційної характеристики спеціальностей та визначає компоненти, форми і методи навчання, що узгоджені за часом, враховує їх інтеграцію в єдиному комплексі у відповідності з професійними, педагогічними та дидактичними задачами навчання.

Організація процесу навчання студентів за модульно-

рейтинговою системою з інженерної геодезії здійснюється відповідно до загальних положень організації МРС університету [1] та положення про організацію МРС дисципліни згідно з навчальним планом підготовки студентів бакалаврських напрямків 6.0921 - "Будівництво" та 6.0926 - "Інженерія навколишнього природного середовища". Вона включає розробку МРС в програмі та робочому плані дисципліни, календарного графіку контрольних заходів, критеріїв оцінки рівня знань студентів та комплексу контрольних завдань (тестів) для відповідних форм контрольних заходів. В свою чергу контроль знань, умінь та навичок студентів за МРС здійснюється за поточною та підсумковою формами контролю.

Поточний контроль проводиться в ході навчального процесу і включає контрольні опитування, захист лабораторних та розрахунково-графічних робіт, здачу теоретичних колоквиумів тощо. Підсумковий контроль проводиться по закінченню окремих завершених етапів навчання: окремих модулів; семестр - за результатами підсумкових модулних контролів або семестрового екзамену (заліку); термін, відведений на загальне засвоєння дисципліни, який можна оцінити за результатами МРС складових семестрів або за підсумковим екзаменом. Кожна форма контролю має відповідну бальну оцінку (абсолютну чи нормовану). Абсолютна бальна оцінка - оцінка рівня знань, умінь та навичок студента, що виражена в балах із відповідною градацією в межах трудомісткості навчального заходу. Нормована бальна оцінка (державна) - оцінка рівня знань, умінь та навичок студента у прийнятій бальній шкалі ("відмінно" - 5, "добре" - 4, "задовільно" - 3, "незадовільно" - 2). Відповідність між нормованою бальною оцінкою та абсолютною бальною оцінкою наведена в табл. 1.

Таблиця 1

Нормована бальна оцінка (державна)	Процентне співвідношення між абсолютною бальною оцінкою та трудомісткістю навчального заходу
"відмінно" - (5)	91 - 100
"добре" - (4)	76 - 90
"задовільно" - (3)	65 - 75
"незадовільно" - (2)	менше 65

Трудомісткість дисципліни (умовна) – максимальна абсолютна кількість балів, яку може отримати студент з даної дисципліни. Трудомісткість дисципліни визначається як результат множення сумарної кількості годин за навчальним планом, що виділяються на лекції, практичні та лабораторні заняття, на коефіцієнт 5 (коефіцієнт умовного співвідношення академічної години з державною нормою шкалою оцінок).

Розподіл кількості годин з інженерної геодезії за навчальним планом та відповідна трудомісткість дисципліни наведені в табл.2.

Таблиця 2

Термін навчання	Кількість годин за навчальним планом			Трудомісткість дисципліни (в балах)
	Лекції	Лабораторні заняття	Практичні заняття	
1-й триместр	28	14	—	210
2-й триместр	28	28	—	280
3-й триместр	—	—	144	288

Організація процесу навчання за МРС з курсу "Інженерна геодезія" та максимальні абсолютні бальні оцінки за відповідні контрольні заходи на кожному з етапів роботи за МРС наведені в табл.3.

Студентам, які повністю виконали навчальний план і позитивно атестовані з даної дисципліни за МРС, відповідна оцінка проставляється в залікову книжку. Студент може підвищити оцінку (із "задовільно", "добре"), яку він отримав за результатами МРС, складанням семестрового екзамену в період сесії. Його абсолютна бальна оцінка при цьому підвищується до нижнього рівня балів шкали переводу (див. табл.1.). В тому випадку, коли студент на екзамені отримав оцінку нижчу, ніж за результатами МРС, в заліково-екзаменаційну відомість виставляється оцінка за МРС [1].

Підведення підсумків роботи студентів за результатами МРС проводиться під час останнього тижня теоретичного навчання.

МРС сприяє активізації студентів у навчальній діяльності та підвищує мотивацію до самостійної ритмічної роботи протягом навчального року.

Таблиця 3

Контрольні заходи (та нормування аб- солютних бальних оцінок)	Термін навчання та максимальні абсолютні бальні оцінки						
	1-й тримістр			2-й тримістр			3-й тримістр
	1М	2М	3М	1М	2М	3М	
Виконання та захист лабораторних робіт (0,5 бала за 1 год)	6	6	9	12	15	15	—
Виконання та захист РРР (10б. за 1 роб)	10	10	20	10	20	20	—
Здача теоретичного колоквіума	54	49	46	78	55	55	—
Практикум з геоде- зичного забезпечен- ня будівництва	—	—	—	—	—	—	288
Сума балів за модулями	70	65	75	100	90	90	288
Сума балів за тримістр	210			280			288

Матеріал навчального посібника відповідає програмі курсу "Інженерна геодезія" для будівельних спеціальностей та організації МРС дисципліни. Його основне призначення - закріплення теоретичних знань й активізація творчої самостійної роботи студентів при підготовці до здачі теоретичних колоквіумів та виконанні контрольних завдань, лабораторних та розрахунково-графічних робіт. В посібнику наведені тестові завдання та задачі до відповідних розділів з прикладами розв'язання цих задач.

Розроблені тестові завдання характеризуються рядом суттєвих ознак, головними з яких є: спрямованість на результати діяльності; формування завдань у вигляді сукупних питань, що передбачають однозначність відповіді; об'єктивність результатів тестування.

Тестові завдання, які пропонуються для індивідуального роз-

в'язання, заведені для 30 варіантів із розрахунку на наявний контингент академічної групи. Використання ЕОМ при оцінці рівня знань за тестовими завданнями дозволить збільшити кількість варіанцій питань в окремому тесті. Для підсумкового (модульного) контролю доцільно приймати кількість питань не менше 20, а для поточного контролю - не менше 10.

Оцінювання рівня знань, умінь та навичок студентів здійснюється за відповідними критеріями МРС дисципліни в терміни, які встановлені робочими планами дисципліни.

При написанні навчального посібника авторами враховано існуючий науково-педагогічний досвід педагогіки вищої школи з питання "Активізація навчальної діяльності студентів в період їх адаптації до навчального процесу в вузі шляхом використання прогресивних технологій навчання".

Ратушняком Г.С. написані:

Глава 1 пункти 1.1, 1.2, 1.3 та 1.4; глава 2 пункти 2.1, 2.2, 2.3 та 2.4; глава 3 пункти 3.1, 3.2, та 3.3; глава 4 пункти 4.1, 4.2, та 4.3; глава 5 пункти 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.6, 5.7, 5.8 та 5.9.

Поповом Г.С. написані:

Глава 1 пункти 1.5, та 1.6; глава 2 пункти 2.5 та 2.6; глава 3 пункти 3.4 та 3.5; глава 4 пункти 4.4 та 4.5; глава 5 пункт 5.10.

Передмова написана спільно. Загальна компоновка та редагування посібника здійснені Ратушняком Г.С.

Автори щиро вдячні рецензентам за поради та зауваження, врахування яких сприяло покращенню змісту давнього навчального посібника, а також керівництву ВАТ "Вінницягаз" за фінансову підтримку цього видання.

Глава 1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ З ІНЖЕНЕРНОЇ ГЕОДЕЗІЇ

1.1. ПРЕДМЕТ ТА ЗАДАЧІ ГЕОДЕЗІЇ

Будівництво та експлуатація промислових, цивільних, гідротехнічних та різноманітних інженерних споруд (доріг, систем газопостачання, теплопостачання та інших) неможливі без використання наукових й практичних задач геодезії.

Геодезія – наука, що вивчає форму, розміри й гравітаційне поле Землі, розробляє методи створення координатної та планової основи для детального вивчення фізичної поверхні Землі з метою відображення отриманої геоінформації за допомогою просторових образно-знакових моделей.

Науково-технічні та практичні задачі геодезії:

- визначення положення окремих точок земної поверхні різноманітного призначення;
- виконання вимірювань на земній поверхні та під землею, що необхідні для проектування, будівництва й експлуатації інженерних споруд, використання природних багатств, що розміщені на поверхні й в надрах Землі;
- забезпечення геодезичними даними потреб оборони країни.

Геодезія підділяється на декілька наукових й науково-технічних дисциплін.

Вища геодезія – вивчає фігуру Землі, її зовнішнє гравітаційне поле, а також точне визначення координат точок земної поверхні в єдиній системі.

Топографія розглядає способи вивчення в деталях земної поверхні суші та відображення її на картах й планах.

Гідрографія вивчає форму й розміри берегів і дна озер, морів й океанів та відображає їх на картах й планах.

Фотограмметрія – вивчає математичні закони відповідності між фотографуванням та його зображенням на знімку, розробляє методи й прилади, що використовуються для визначення взаємного положення об'єктів фотографування за фотознімками.

Картографія – розробляє методи складання, видавництва й шляхи використання різноманітних карт.

Інженерна геодезія – розробляє методи геодезичних робіт, що

виконувать при вишукуваннях, проектуванні, будівництві й експлуатації різноманітних споруд, установці та монтажі спеціального обладнання.

Задачі інженерної геодезії:

- отримання геодезичних матеріалів, що необхідні для складання проекту робіт для будівництва споруд, шляхом виконання польових геодезичних вимірювань й обчислювально-графічних робіт;
- забезпечення геометричних форм і розмірів елементів споруд на місцевості у відповідності з їх проектом в процесі будівництва;
- забезпечення геометричних умов установки й налашки спеціального обладнання;
- встановлення відхилення об'єкта, що будується, від його проектних розмірів;
- вивчення деформацій в підґрунті й тілі споруд, що виникають в результаті дії різних навантажень, під впливом зовнішніх факторів й господарчої діяльності людей;
- вивчення розташування на поверхні та в надрах Землі окремих об'єктів, що є цікавим для відповідної галузі господарства.

1.2. ЗВ'ЯЗОК ГЕОДЕЗІЇ З ІНШИМИ НАУКАМИ ТА ІСТОРІЯ ЇЇ РОЗВИТКУ

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

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

Відомості з астрономії необхідні для розробки й використання астрономічних способів визначення координат земної поверхні.

Один із розділів космонавтики, а саме космічні зйомки земної поверхні, що виконуються за допомогою фотографічної апаратури та електронно-скануваних приладів космічного базування, розміщених на

штучних супутниках Землі, пілотованих космічних кораблях та орбітальних станціях, займає чільне місце у виконанні геодезичних робіт.

Геоморфологія, як наука про походження й розвиток рельєфу земної поверхні, необхідна геодезії для достовірного зображення форм рельєфу на картах й планах.

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

Геодезія виникла ще в глибокій давнині і розвивалась, виходячи з практичних запитів людства. За 4000 років до нової ери в Єгипті побудовано ірригаційні споруди, застосовуючи точні геодезичні вимірювання. За 3000 років до нової ери китайці відкрили властивість підвішеної магнітної пластинки вказувати сторони горизонту. В 500р. до нової ери Піфагор висловив гіпотезу, що Земля має форму кулі, а в четвертому столітті до нової ери Арістотель довів, що форма нашої планети дуже близька до кулі. В третьому віці до нової ери Ератосфен визначив радіус Землі. Піраміда Хеопса, висотою 146,6 м, побудована правильної геометричної форми і орієнтована точно на північ. Для навчання мистецтву геодезичних робіт єгиптяни за 1700 років до нової ери склали посібник практичної геодезії. В I-II віці нової ери грецький вчений Клавдій Птолемей розробив картографічні проєкції. На розвиток геодезії значно вплинули відкриття та завоювання в XV та XVI віках нових земель. В XVII-XVIII, коли сформувались великі держави, інтенсивно розвивалась картографія, виникла необхідність з високою точністю визначати значні відстані. З цією метою в 1614 році голандський вчений В.Скелліус запропонував спосіб тріангуляції, який до мінімуму скорочує дорогі та трудомісткі лінійні вимірювання. За результатами високоточних вимірювань кутів трикутника обчислюють довжину його сторін. В 1609 році Галілей винайшов зорову трубу, що є однією з основних частин більшості геодезичних приладів.

Певного розвитку досягли геодезичні роботи в Київській Русі. В Санкт-Петербурзі в Ермітажі зберігається кам'яна плита-пам'ятник, що знайдена поблизу Тамані, з надписом про те, що в 1068 році князь Гліб проміряв по льоду Керченську протоку, розміри якої від Тамані до Керчі - 22,5 км. Перша з карт, на якій відображена більша частина Російської держави, була складена в другій половині XVI століття й мала назву "Великий кресленик". В 1627 році, як доповнення до "Великого кресленика", була складена карта, що називалась "Кресленик українським й черкаським містам від Москви до Криму". В 1648 році французський інженер Г.Боплан видав карту частини України, що належала Польсько-Литовській державі. Після 1654 року терен України зображували на картах та в атласах Російської імперії.

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

В наш час підготовкою на Україні фахівців з вищою геодезичною та картографічною освітою та виконанням наукових досліджень займаються в Київському національному університеті, Київському державному технічному університеті будівництва і архітектури, університеті "Львівська політехніка", Донецькому державному технічному університеті, Українському технічному університеті нафти та газу, Українському інституті інженерів водного господарства та інших. Суттєвий внесок в розвиток геодезичної науки зробили українські вчені А.В.Буткевич, М.Г.Відуев, А.Г.Григоренко, Г.О.Мещеряков, М.К.Мигель, А.Д.Моторний, А.Л.Островський, Ю.В.Поліщук, В.М.Сердюков та інші.

1.3. ОРГАНІЗАЦІЙНІ ФОРМИ ГЕОДЕЗИЧНОЇ СЛУЖБИ УКРАЇНИ

З метою забезпечення господарства України топографо-

геодезичними матеріалами, картографічною продукцією та створенні основи Державного кадастру постановою Кабінету Міністрів України № 306 від 01.11.91 р. організоване головне управління геодезії, картографії та кадастру (Укргеодезкартографія). Укргеодезкартографія є центральним органом державної виконавчої влади, на який покладаються такі основні функції:

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

До сфери функціонального управління Укргеодезкартографії входять:

Українське аерогеодезичне підприємство (УкРАПІ, м.Київ), експедиції якого розміщені в різних містах, проводить основні геодезичні і гравіметричні роботи на території України, веде топографічну зйомку, оновлення карт і планів усіх масштабних рядів, виконує зйомку рельєфу дна Чорного і Азовського морів та інвентаризацію земель.

Український державний науково-виробничий інститут зйомок міст та геоінформатики (Укргеоінформ, м.Київ), підрозділи якого систематизують, обробляють, аналізують космічну інформацію та забезпечують нею господарство України, а також виконують повний комплекс робіт по забезпеченню міст і селищ топографо-геодезичними матеріалами, ведуть великомасштабну зйомку.

Науково-дослідне та експериментально-виробниче підприємство картографії (Картографія, м.Київ) виконує комплекс картоскладальних і редакційних робіт для забезпечення України географічними, політичними та іншого призначення картами країни і держав світу.

Підприємство "Донбасмаркшейдерія" (м.Артемівськ), що має підрозділи в різних містах, виконує всі види маркшейдерських робіт для забезпечення діяльності підприємств вугільної промисловості в Донецькому та Львівсько-Волинському вугільних басейнах.

Кримське управління міського кадастру і геодезії (м.Симферополь) виконує топографо-геодезичні роботи та роботи з інвентаризації землеволодінь, проводить дослідні та експериментальні роботи по створенню міського кадастру.

Державна картографічна фабрика (м.Вінниця) забезпечує Україну всіма видами картографічної продукції.

Виробниче об'єднання "Аерогеооприлад"(м. Вінниця) розробляє і виготовляє геодезичні, фотограмметричні, картографічні прилади й обладнання іншого призначення для виконання топографо-геодезичних і картографічних робіт.

Київське підприємство геодезії, картографії, кадастрових та геоінформаційних систем (Київгеоінформатика, м.Київ) виконує всі види топографо-геодезичних, інженерно-геодезичних, інженерно-геологічних, вишукувальних та картографічних робіт, створює топографічні, туристичні, тематичні, екологічні та інші види карт, планів, атласів.

Подільське підприємство геодезії, картографії та кадастру (Подільськгеодезкартографія, м.Вінниця) виконує топографо-геодезичні, інженерно-геологічні, інженерно-геодезичні, вишукувальні та картографічні роботи.

В окремих відомствах та організаціях є підрозділи для виконання геодезичних й топографічних робіт, що необхідні для вирішення галузевих функцій та задач.

Для обслуговування будівельних об'єктів в процесі їх проектування та будівництва в кожному місті в архітектурній службі є геодезичний підрозділ. Він виконує топографічні зйомки в межах міста й забезпечує контроль за правильним використанням проектів в період будівництва. Для геодезичного забезпечення будівельно-монтажних робіт в кожній будівельній організації є власна геодезична служба. В системі спеціалізованих проектних інститутів (Украгропроект, Укрводгосспроєкт та інших) є власні підрозділи для виконання комплексних інженерних вишукувань, що включають значний обсяг топографо-геодезичних робіт.

Функції координації, організації робіт і формування Державної геоінформаційної системи України для різних галузей народного господарства покладено на Державну комісію з геоінформаційних систем при Укргеодезкартографії.

Для ведення топографо-геодезичних робіт на сучасному рівні й розробки нових технологій геодезична служба України бере активну участь в роботі ряду міжнародних геодезичних та картографічних організацій. Вона є членом Міжнародної картографічної асоціації, Міжнародного союзу з фотограмметрії та дистанційного зондування, Міжнародної асоціації геодезії та геодинаміки, бере активну участь в роботі Міждержавної ради з геодезії держав СНД.

1.4. МЕТРОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ГЕОДЕЗИЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ

Метрологія - наука про вимірювання, про методи й засоби забезпечення їх єдності та способи досягнення необхідної точності.

В метрології розглядають : одиниці фізичних величин та їх системи; загальну теорію вимірювань; методи й засоби вимірювань; способи визначення точності вимірювань; способи забезпечення вимірювань й одноманітності засобів вимірювань; еталони й зразкові засоби вимірювань; методи передачі розмірів від еталонів або зразкових засобів вимірювань до робочих засобів.

Фізична величина - властивість, що притаманна в якісному відношенні багатьом фізичним об'єктам (явищам і процесам), але за своїм кількісним вмістом індивідуальна для кожного з них, оскільки дана властивість може бути для одного об'єкта в визначене число разів більша чи менша, ніж для іншого.

Геодезичне вимірювання - це процес знаходження виконавцем або реєструвальним обладнанням значення заданої фізичної величини об'єкта за допомогою технічних засобів з урахуванням впливу навколишнього середовища.

В інженерній геодезії при забезпеченні будівельного виробництва вирішують задачі, що пов'язані із знаходженням розмірів деяких об'єктів (елементів) і визначенні їх положення в просторі, використовувачи переважно дві фізичні величини: довжину й кут.

В залежності від вимірюваної фізичної величини, розрізняють види геодезичних вимірювань: лінійні, кутові й висотні.

Довжина - властивість відрізка прямої, ламаної або кривої лінії. При цьому за довжину ламаної приймають суму довжин відрізків окремих її ланцюгів, а за довжину кривої - межу, до якої наближається вписана в цю криву ламана лінія при необмеженому збільшенні

числа її ланцюгів, коли довжина найбільшого ланцюга наближається до нуля. Під довжиною в геодезії розуміють горизонтальну або похилу довжину прямої, а також висоту або перевищення однієї точки над іншою.

Кут - це властивість, що характеризує поворот від початкового до кінцевого положення рухомого променя, який виходить з точки, що зветься вершиною.

Розміром фізичної величини називають кількісний вміст в даному об'єкті властивості, що відповідає поняттю фізичної величини.

Засобом для визначення кількісного вмісту властивості в даній фізичній величині є фізична величина того ж виду, в якій кількісний вміст властивості, що оцінюється, прийнято за одиницю. Одиниця вимірювання - фізична величина, розміру якої присвоєне числове значення, що рівне одиниці.

За основну одиницю довжини прийнято метр (м). У кінці XVIII століття за метр було прийнято відстань, що дорівнювала одній десятимільйонній частці Паризького меридіана. З цієї метою був виготовлений еталонний метр, що став міжнародним прототипом метра, який являв собою платинову лінійку, довжиною один метр. В 1960 році прийнято, що довжина метра рівна 1650763,73 довжини хвилі в вакуумі випромінювання, яка відповідає переходу між рівнями $2p_{10}$ й $5d_5$ атома криптону-86. Довжину лінії на місцевості вимірюють в метрах (м) і кілометрах (км), а на кресленнях - в сантиметрах (см) і міліметрах (мм).

За основну одиницю плоского кута прийнято радіан - кут між двома радіусами кола, що опирається на дугу, довжина якої рівна радіусу. В градусній кутовій мірі за один радіус прийнято 1:360 довжини кола, тобто 1:90 прямого кута. Один градус ділиться на 60 мінут, а одна мінута на 60 секунд.

Співвідношення між радіанною та градусною системою:

$$\rho^{\circ} = \frac{180^{\circ}}{\pi * R} = 57,3^{\circ}, \quad (1.1)$$

$$\rho' = \frac{180^{\circ} * 60}{\pi * R} = 3438', \quad (1.2)$$

$$\rho'' = \frac{180^{\circ} * 60 * 60}{\pi * R} = 206265'', \quad (1.3)$$

Вимірювання виконують при наявності відповідних умов: об'єкта вимірювань – фізичної величини, значення якої визначають; суб'єкта вимірювань – спостерігача, тобто особи, що виконує вимірювання; технічних засобів, якими виконують вимірювання; методів вимірювань – сукупності правил і прийомів використання засобів вимірювань для отримання значення фізичної величини, що вимірюється; зовнішнього середовища – середовища, в якому виконують вимірювання.

Технічні засоби вимірювань: міра, вимірювальний прилад, вимірювальний перетворювач, вимірювальна установка й вимірювальна система. Ці засоби вимірювань мають нормовані метрологічні характеристики. Міри (лінійка, стрічка, рулетка та ін.) призначені для відтворення фізичної величини заданого розміру. Вимірювальні прилади (термометр, барометр, планіметр, бусоль, теодоліт, нівелір та ін.) призначені для відтворення сигналу вимірюваної інформації у формі, яку може безпосередньо сприймати виконавець. Вимірювальний перетворювач (світлодалекомір) відтворює сигнал вимірюваної інформації в формі, зручній для передавання, подальшого перетворення, обробки та зберігання, але яка не піддається безпосередньому сприйманню виконавцем. Вимірювальна установка (стереокомпаратор та ін.) складається із сукупності функціонально-об'єднаних засобів вимірювань і допоміжних пристроїв, з'єднаних між собою каналами зв'язку, призначених для відтворення сигналів вимірюваної інформації у формі, зручній для автоматичної обробки, передавання і використання в автоматичних системах керування.

1.5. ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ ДО ГЛАВИ 1: "ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ З ГЕОДЕЗІЇ"

Доповнити визначення.

1.1. Наука, що вивчає форму, розміри та гравітаційне поле Землі, планет Сонячної системи, розробляє методи створення координатної та планової основи для детального вивчення фізичної поверхні Землі з метою відображення отриманої геоінформації за допомогою просторових образнознакових моделей,...

1.2. Розділ геодезії, який вивчає фігуру, розміри та гравітаційне поле Землі та планет Сонячної системи, а також теорії та методи

побудови опорної геодезичної мережі в єдиній системі координат,...

1.3. Розділ геодезії, який вивчає методи геодезичних робіт: при проектуванні, вишукуванні, будівництві та експлуатації природних багатств країни...

1.4. Розділ геодезії, в якому розв'язання її основних наукових задач досягається шляхом спостережень за позаземними об'єктами (штучними супутниками Землі та планет, космічними літальними апаратами та деякими іншими візирними цілями),...

1.5. Наука про географічні карти, методи їх складання, редагування, використання та видання...

1.6. Наукова дисципліна, яка займається вивченням земної поверхні та зображенням її на планах і картах,...

1.7. Наукова дисципліна, яка займається геодезичними вимірюваннями в гірських виробках при будівництві підземних споруд (шахт, тунелів),...

1.8. Наукова дисципліна, яка займається створенням карт і планів за допомогою фотографування місцевості з повітря або з землі,...

1.9. Наука про будову та розвиток космічних тіл, їх систем та Космосу в цілому...

1.10. Точки поверхні Землі, координати яких визначені методами вищої геодезії,...

1.11. Сукупність основних геодезичних пунктів створене...

1.12. Наукова дисципліна, яка вивчає методи складання топографічних карт і планів з використанням матеріалів аерофотознімання...

1.13. Науково-технічні та практичні задачі геодезії...

1.14. Головне управління, основним напрямком діяльності якого є забезпечення господарства України топографо-геодезичними матеріалами, картографічною продукцією та створення основи державного кадастру...

1.15. Підприємство, експедиції якого розміщені в різних містах, що проводить основні геодезичні і гравіметричні роботи на території України, веде топографічну зйомку, оновлення карт і планів усіх масштабних рядів, виконує зйомку рельєфу дна Чорного і Азовського морів та інвентаризацію земель...

1.16. Науково-виробничий інститут, підрозділи якого систематизують, обробляють, аналізують космічну інформацію та забезпечують нею господарство України а також виконують певний комплекс робіт

на забезпечення міст і селищ топографо-геодезичними матеріалами, ведуть зйомку великих масштабів,...

1.17. Науково-дослідне та експериментально-виробниче підприємство картографії, що виконує комплекс картоскладальних і редакційних робіт для забезпечення України географічними, політичними та іншого призначення картами країни і держав світу,...

1.18. Підприємство, що має підрозділи в різних містах, виконує всі види маркшейдерських робіт для забезпечення діяльності підприємств вугільної промисловості в Донецькому та Львівсько-Волинському вугільних басейнах,...

1.19. Фабрика в м.Вінниці, яка забезпечує Україну всіма видами картографічної продукції,...

1.20. Виробниче об'єднання, яке розробляє і виготовляє геодезичні, фотограмметричні, картографічні прилади й обладнання іншого призначення для виконання топографо-геодезичних і картографічних робіт,...

1.21. Київське підприємство, яке виконує всі види топографо-геодезичних, інженерно-геодезичних, вишукувальних та картографічних робіт,...

1.22. Підприємство в м.Вінниці, яке виконує топографо-геодезичні, вишукувальні та картографічні роботи,...

1.23. Державна комісія, на яку покладено функції координації, організації робіт і формування Державної геоінформаційної системи України для різних галузей народного господарства,...

1.24. Наука про вимірювання, про методи й засоби забезпечення їх єдності та способи досягнення необхідної точності...

1.25. Властивість, що загальна в якісному відношенні багатьом фізичним об'єктам (явищам і процесам), але за своїм кількісним змістом індивідуальна для кожного з них, оскільки дана властивість може бути для одного об'єкта в визначене число разів більша чи менша, ніж для іншого,...

1.26. Процес знаходження виконавцем або реєструвальним обладнанням значення заданої фізичної величини об'єкта за допомогою технічних засобів з урахуванням впливу навколишнього середовища...

1.27. Властивість відрізка прямої, ламаної або кривої лінії...

1.28. Властивість, що характеризує поворот від початкового до кінцевого положення рухомого променя, який виходить з точки, що

зветься вершиною,...

1.29. Кількісний вміст в даному об'єкті властивості, що відповідає поняттю фізичної величини,...

1.30. Фізична величина, розміру якої присвоєне числове значення, що рівне одиниці...

1.31. Процес знаходження виконавцем або реєструвальним обладнанням значення заданої величини об'єкта за допомогою технічних засобів з урахуванням впливу навколишнього середовища...

1.32. Фізичні величини в інженерно-геодезичному виробництві виражають...

1.33. Основна одиниця довжини...

1.34. Довжина, що дорівнює 1650763,73 довжини хвилі випромінювання в вакуумі, яке відповідає переходу між рівнями Zp_{10} і Zd_5 атома криптону-86...

1.35. Поворот від початкового до кінцевого положення рухомого променя, який виходить з точки, що зветься вершиною...

1.36. Центральний кут між двома радіусами, що спирається на дугу, довжина якої дорівнює радіусу...

1.37. Співвідношення одиниць радіанної і градусної системи:

а) ірадіан-градус... ,

б) ірадіан-хвилина... ,

в) ірадіан-секунда... .

1.38. Одиниці вимірювань на місцевості довжини лінії..., а на кресленні...

1.39. Кути в геодезичній практиці вимірюють в ...

1.40. Один градус відповідає...

1.6. ЗАДАЧІ ДО ГЛАВИ 1 "ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ З ГЕОДЕЗІЇ"

Задача 1.1.

Кут наведено в хвилинах (Табл.1.1.) $\alpha' = 2460'$. Виразити його в градусах з точністю до $0^{\circ}01'$.

Оскільки $1^{\circ} = 60'$, то для визначення кута в градусах треба

$$\alpha^{\circ} = 2460 : 60 = 40^{\circ}01'$$

Таблиця 1.1

Варіант	α'	Варіант	α'	Варіант	α'
1	2	1	2	1	2
1	1162	11	2465	21	3567
2	2410	12	1654	22	2354
3	3542	13	4567	23	7643
4	1975	14	2874	24	3862
5	2114	15	3002	25	1587
6	3356	16	1108	26	2873
7	1503	17	2686	27	8020
8	5242	18	7236	28	3335
9	3456	19	4126	29	2266
10	1803	20	1865	30	1446

Задача 1.2.

Кут наведено в секундах (Табл.1.2) $\alpha'' = 3958''$. Визначити скільки в ньому градусів, мінут, секунд.

$$\alpha^{\circ} = 3958 : 3600 = 1^{\circ}358'',$$

$$\alpha' = 358 : 60 = 5'58''.$$

Відповідь $\alpha = 10^{\circ}05'58''$.

Таблиця 1.2

Варіант	α''	Варіант	α''	Варіант	α''
1	2	1	2	1	2
1	2648	11	3242	21	4689
2	1124	12	6005	22	8427
3	6237	13	1121	23	3424
4	3422	14	2712	24	5626
5	5424	15	4256	25	1768
6	1345	16	1683	26	2422

11	2	1	2	1	2
7	3618	17	3852	27	3433
8	2352	18	2678	28	2106
9	4208	19	4531	29	4003
10	5490	20	6875	30	1080

Задача 1.3.

Виразити кут α в мінутах і секундах, якщо його величина складає 25,6' (Табл.1.3).

Оскільки $1' = 60''$; а $0,1' = 6''$; то $0,6' = 6 * 6'' = 36''$.

Тоді $\alpha'' = 25'36''$.

Таблиця 1.3

Варіант	α'	Варіант	α'	Варіант	α'
1	2	1	2	1	2
1	14,7	11	18,5	21	24,6
2	18,8	12	57,3	22	42,1
3	11,4	13	12,2	23	19,7
4	55,4	14	32,4	24	38,2
5	31,5	15	27,8	25	55,3
6	26,4	16	32,5	26	42,1
7	61,8	17	28,0	27	30,4
8	19,8	18	55,3	28	22,2
9	30,4	19	30,2	29	11,9
10	49,5	20	42,8	30	39,5

Задача 1.4.

Площа майданчика 10654 м^2 (Табл.1.4). Виразити її в гектарах, з точністю до 0,01 га.

Оскільки $1 \text{ га} = 10000 \text{ м}^2$, то площа майданчика 1,07 га.

Таблиця 1.4

Варіант	Площа, м^2	Варіант	Площа, м^2	Варіант	Площа, м^2
1	2	1	2	1	2
1	12452	11	14254	21	4567
2	8965	12	12654	22	24356

Продовження табл.1.4

1	2	1	2	1	2
3	10087	13	8905	23	10905
4	18776	14	87654	24	56456
5	21213	15	50876	25	36701
6	79865	16	90876	26	5670
7	6598	17	8701	27	13456
8	13254	18	98704	28	4506
9	22330	19	55701	29	6791
10	5510	20	1002	30	90786

ГЛАВА 2. "ВІДОМОСТІ ПРО ФІГУРУ ТА РОЗМІРИ ЗЕМЛІ. СИСТЕМИ КООРДИНАТ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ В ГЕОДЕЗІЇ"

2.1. ВІДОМОСТІ ПРО ФІГУРУ ТА РОЗМІРИ ЗЕМЛІ

При розв'язанні геодезичних задач необхідно знати форму та розміри Землі.

Земля не є правильною геометричною фігурою. В зв'язку з тим, що фізична поверхня Землі становить сполучення материків й водних просторів, її неможливо виразити ні однією з відомих й математично вивчених геометричних фігур. Вся поверхню Землі можна розділити на дві нерівні частини: океани з відкритими морями, що утворюють єдиний водний простір, який займає 71% поверхні Землі та материки, що складають 29%. Рівень поверхні океанів та з'єднаних з ними морів приблизно однаковий, але їх дно і поверхня Землі являють собою різноманітне поєднання нерівностей в вигляді височин і впадин.

За даними геофізики, Земля в значній своїй товщі під впливом безперервно діючих на неї сил поводить себе як пластичне тіло. В зв'язку з цим до неї, за винятком материкового тонкого верхнього шару, що є земною корою, можна застосувати закони гідростатики. Якби Земля становила однорідне тіло, постійно знаходилась в нерухомому стані й підлягала би дії тільки внутрішніх сил тяжіння, то вона являла б собою кулю (рис.2.1.).

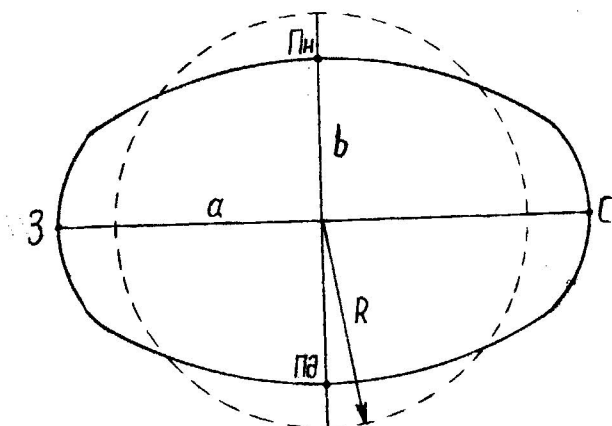


Рис.2.1. Апроксимація поверхні Землі

Оскільки Земля обертається навколо своєї осі з постійною швидкістю, то під дією відцентрових сил вона прийняла би форму, що сплюснута в напрямку до полюсів, тобто форму сфероїда або еліпсоїда обертання (рис.2.1.). Така форма сфероїда отримуються при обертанні еліпса навколо його малої осі. Це теоретично довів у 1687 р. І.Ньютон в своєму творі "Математичні принципи натуральної філософії" на основі відкритого ним закону тяжіння. Вперше помітив, що Земля не ідеальна куля, французький вчений Ш.Ріше в 1672 році під час астрономічних спостережень.

Поверхня такої еліпсоїдальної Землі як фігури рівноваги була би скрізь горизонтальною, якби в кожній її точці напрямок сили тяжіння співпадав би з напрямком нормалі, тобто лінії, що перпендикулярна дотичній в даній точці до поверхні еліпсоїда. Поверхні, перпендикулярні в кожній точці до напрямку прямиовисної лінії (напрямку сили тяжіння), називаються рівневими поверхнями сили тяжіння.

В дійсності, під дією процесів, що пов'язані з утворенням та життям Землі як планети, внутрішня її будова неоднорідна. Земля має декілька шарів, щільність яких збільшується в напрямку до центру. В зовнішньому шарі Землі товщиною від 6 до 70 км, що називається літосферою, закономірностей в розподілі щільності немає. Це пояснюється розміщенням літосфери на межі між твердою Землею, гідросферою та атмосферою. В ній без особливих перешкод відбуваються переміщення порід під дією внутрішніх й зовнішніх сил. В результаті утворюється фізична (топографічна) поверхня Землі, що являє собою поєднання материків й океанічних впадин з складними геометричними формами. Найвища точка Земної поверхні розміщена в Гімалайських горах. Пік Евереста на горі Джомолунгма становить 8848 м над рівнем світового океану. Найнижча точка глибиною 11022 м розміщена в Маріанській впадині Тихого океану. На Україні найвища точка - в Карпатах, гора Говерла, має висоту 2061 м, а найбільша глибина Чорного моря - 2021 м.

Під дією нерівномірно розміщених мас в земній корі змінюється напрямок сил тяжіння. Рівнева поверхня Землі, яка перпендикулярна до напрямку сили тяжіння, відхиляється від еліпсоїдальної. Вона стає складною й неправильною в геометричному відношенні. Оскільки

на Землі водні простори займають більшу площу, то рівнева поверхня співпадає з водною поверхнею океанів і морів, що знаходяться в спокійному стані, і не виражається будь-якою з відомих аналітичних форм. Німецький фізик І. Лістінг в 1873 році запропонував для позначення фігури Землі термін геоїд, що не має ніякого геометричного змісту.

Геоїдом називають геометричне тіло, що обмежене рівневою поверхнею, яка співпадає з поверхнею морів та океанів при спокійному стані водних мас й уявно продовженою під материками таким чином, щоб напрямки сил тяжіння перетинали її під прямим кутом.

Маси в земній корі розміщені нерівномірно, тому прямовисні лінії відхиляються в сторону більш щільних притягуючих мас від напрямків, які займали б вони, якби Земля була однорідною. Отже, поверхня геоїда, що скрізь перпендикулярна напрямкам прямовисних ліній, буде мати складну, неправильну форму з кривиною, що змінюється. Особливо різкі зміни кривини поверхні геоїда спостерігаються у підніжжя гірських хребтів, поблизу берегових ліній морів. Кут ϵ між нормаллю pn в даній точці (рис.2.2.) і напрямком прямовисної лінії pq до поверхні еліпсоїда називають **схиленням** прямовисної лінії.

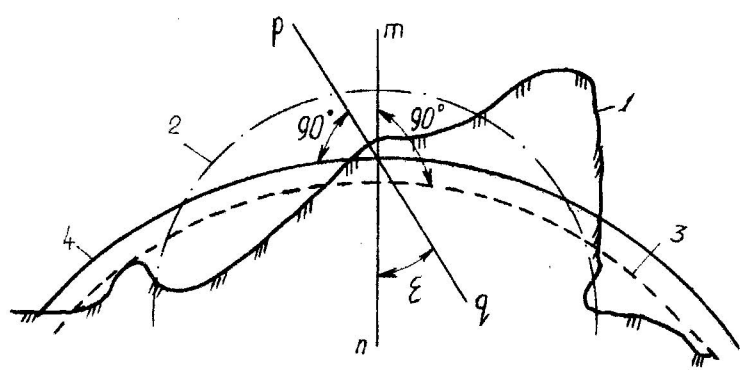


Рис.2.2. Земна куля, земний еліпсоїд, геоїд: 1 - фізична поверхня; 2 - земна куля; 3 - еліпсоїд обертання; 4 - рівнева поверхня

В середньому для земного сфероїда схилення прямої лінії дорівнює 3"-4" і тільки в деяких місцях воно досягає декількох мінут. Максимальне відхилення поверхні геоїда від еліпсоїда не перевищує 150 м. Для математичної обробки геодезичних вимірювань необхідно знати форму поверхні Землі. Прийняти з цією метою фізичну поверхню або геоїд неможливо, оскільки ці поверхні не можна описати ні однією з математичних формул. Дослідження показали, що найбільш близькою до геоїда математичною поверхнею є еліпсоїд обертання, тому для складання карт й проведення необхідних вимірювань та розрахунків, що пов'язані з визначенням місцеположення точок на земній поверхні, Землю вважають припущеною кулею, яка має вигляд еліпсоїда обертання, що називається земним еліпсоїдом. Його розміри та форма (рис.2.1.) характеризуються параметрами: довжиною великої (екваторіальної) - а та малої (полярної) - b півосей й коефіцієнтом полярного стиснення α

$$\alpha = \frac{a - b}{a} . \quad (2.1)$$

Протягом трьох останніх століть вчені різних країн, використовуючи різні дані вимірювань, обчислювали розміри земного еліпсоїда. В нашій країні прийняті такі розміри еліпсоїда, обчислені в 1940 р. радянськими вченими-геодезистами Ф.Н.Красовським і А.А.Ізотовим :

мала піввісь	$b = 6356363 \text{ м} ,$
велика піввісь	$a = 6378245 \text{ м} ,$
полярне стиснення	$\alpha = \frac{a - b}{a} = \frac{1}{298,3} .$

Земний еліпсоїд з визначеними розмірами відповідно орієнтований в тілі Землі так, щоб його поверхня найближче підходила до поверхні геоїда, називають референц-еліпсоїдом.

Фізична поверхня Землі, на якій виконують геодезичні вимірювання, значною мірою відрізняється від референц-еліпсоїда. При топографічних й картографічних роботах Землю часто приймають за ку-

лю, об'єм якої дорівнює об'єму земного сфероїда. Радіус такої кулі визначають за формулою:

$$R = \sqrt[3]{\frac{a^2 b}{3}}, \quad (2.2)$$

Виходячи з розмірів референц-еліпсоїда Ф.Н.Красовського, радіус Землі $R = 6371,11$ км. Для незначних ділянок земної поверхні поверхню еліпсоїда приймають за площину.

2.2. СИСТЕМИ КООРДИНАТ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ В ГЕОДЕЗІЇ

2.2.1. ОСНОВНІ ЛІНІЇ ТА ПЛОЩИНИ ЕЛІПСОЇДА

Положення точок на земній поверхні та на поверхні еліпсоїда визначаються їх розмірами в тій чи іншій системі.

Координатами називають лінії та кутові величини, що визначаються їх координатами в тій чи іншій системі. Осями координат і координатними площинами називають лінії та площини, відповідно до яких визначають положення точок.

Для визначення місцеположення точок і напрямків використовують характерні лінії і площини на поверхні еліпсоїда обертання (рис.2.3).

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

Екватор - лінія перетину еліпсоїда площинами, що проходить через центр еліпсоїда перпендикулярна до його осі обертання, тобто до полярної площини. Екватор є колом, радіус якого дорівнює великій півосі.

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

Меридіан - лінія перетину земного еліпсоїда меридіальною площиною. Будь-який меридіан - це еліпс, який своїм обертанням утворює еліпсоїд.

Нормаль до поверхні еліпсоїда в даній точці (рис.2.4.) є пряма, що перпендикулярна до площини, яка дотична до еліпсоїда в цій точці. Нормаль до поверхні еліпсоїда завжди лежить в меридіальній

площині, що проходить через дану точку. Для точок північної половини еліпсоїда паралелі перетинають вісь на північ від центра еліпсоїда, а для точок південної половини - на південь від центра.

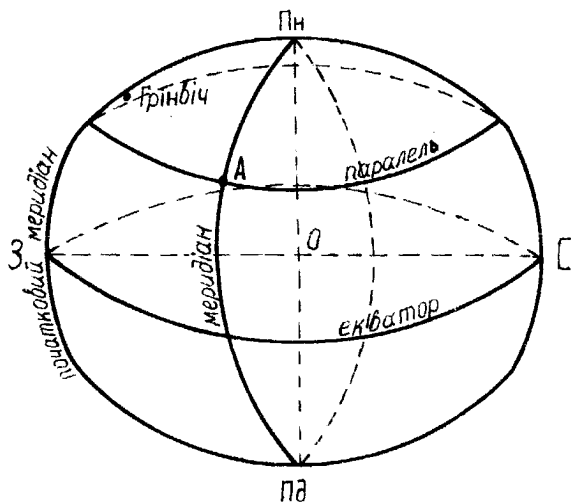


Рис.2.3. Основні лінії та площини еліпсоїда

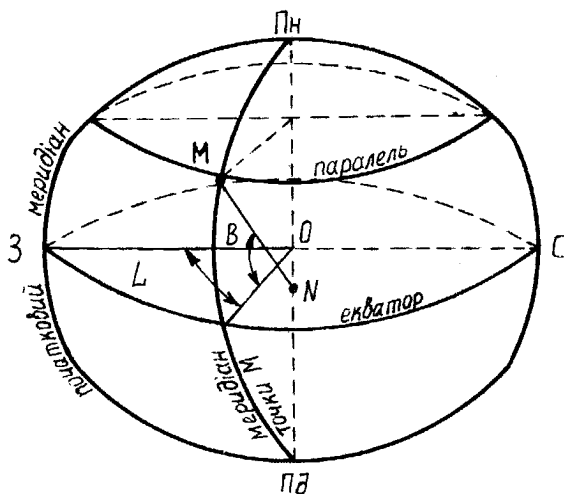


Рис.2.4. Географічні координати точки М(В, L)

Довжина паралелі визначається відрізком нормалі від поверхні еліпсоїда до його малої осі. Нормальними площинами називаються всі площини, що проходять через нормаль. Нормальний переріз – це є ліній перетину нормальних площин з поверхнею еліпсоїда.

Прямовисна лінія – напрямок вектора сили тяжіння в даній точці. Прямовисна лінія перпендикулярна дотичній до поверхні геоїда в даній точці.

2.2.2. ГЕОГРАФІЧНІ КООРДИНАТИ

Систему географічних координат запропонував в другому столітті до нашої ери грецький астроном Гіпарх. За координатні поверхні, на яких визначають планове положення точок Землі, приймають поверхні референц-еліпсоїда або геоїда. Координатними площинами в системі координат є площини екватора й меридіана, що прийнятий за початковий (нульовий). За початковий прийнято у 1884 році Грінвічський меридіан, який проходить через англійську обсерваторію в Грінвічі, що поблизу Лондона. В цій системі положення будь-якої точки визначається географічною широтою й географічною довготою. В залежності від методу визначення широти та довготи географічні координати діляться на геодезичні та астрономічні.

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

Геодезичною широтою точки (рис.2.4.) називають кут B , що утворений нормаллю до поверхні еліпсоїда в цій точці з площиною екватора. Широти обчислюють в обидві сторони від екватора. Вони можуть приймати значення від 0° до 90° . Широти точок, що розміщені на північ від екватора, називаються північними, а на південь від екватора – південними.

Геодезичною довготою точки називають двогранний кут L , що утворений площиною геодезичного меридіана даної точки і площиною меридіана, що прийнятий за початковий. Довготи обчислюють від початкового меридіана на схід та захід і відповідно називають східний та західний. Рахунок їх ведуть в градусній мірі від 0° до 180° .

Астрономічними координатами називають широту та довготу точок

на поверхні геоїда, що визначають астрономічним методом, тобто за результатами спостережень небесних світил.

Астрономічною широтою точки називають кут ϕ , що утворений напрямком прямої лінії, яка проходить через цю точку, з площиною земного екватора.

Астрономічною довготою точки називають двограний кут λ , що утворений площиною істинного меридіана, яка проходить через дану точку, і площиною, що проходить через початковий (нульовий) меридіан. За площину істинного (астрономічного) меридіана прийнято площину, що проходить через напрямком прямої лінії в цій точці паралельно осі обертання Землі.

Рахунок астрономічних широт і довгот ведуть так само, як і геодезичних. Астрономічні координати точок відрізняються від її геодезичних координат, оскільки площини астрономічного та геодезичного меридіанів, в яких лежать прямокутна лінія та нормаль, також не співпадають.

2.2.3 ПЛОСКІ 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. В цій системі площина співпадає з площиною горизонту в даній точці O , що є початком цих координат. Вісь абсцис X суміщують з напрямком меридіана, що проходить через початок координат, або з напрямком, який паралельний даному меридіану. Вісь ординат Y проходить через точку O перпендикулярно до осі абсцис (рис.2.5.).

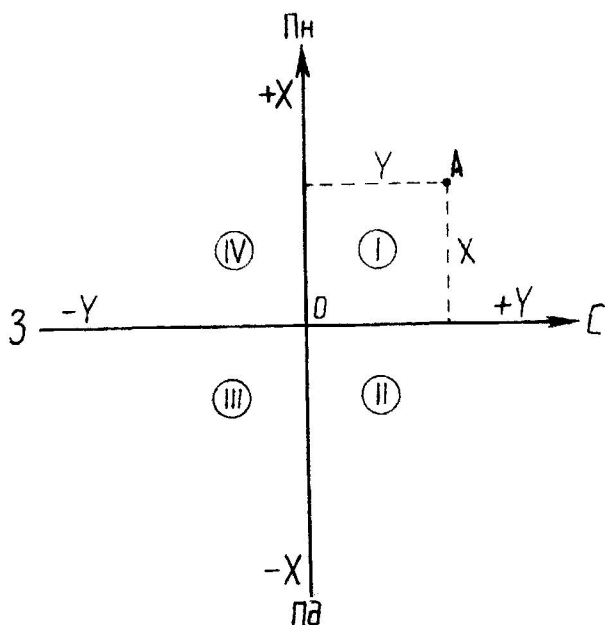
В плоскій прямокутній системі координат ділянка місцевості в точці O ділиться на чотири чверті, які відраховуються за ходом годинникової стрілки. Напрямки осей від початку координат позначають на північ та схід знаком "+", а на південь та захід знаком "-". Положення точки визначається абсцисою X та ординатою Y , тобто відрізками відповідної осі від початку координат до основи перпендикуляра, що опущений з точки на вісь.

Відрізкам приписують знаки тієї чверті, в якій лежить точка.
 Назви чвертей та знаки координат наведені в таблиці 2.1.

Назви чвертей та координат

Таблиця 2.1

Номер чверті	Назва чверті	Знаки координат	
		X	Y
I	Північно-східна (ПнС)	+	+
II	Південно-східна (ПдС)	-	+
III	Південно-західна (ПдЗ)	-	-
IV	Північно-західна (ПнЗ)	+	-



Фиг.2.5. Плоскі прямокутні координати точки A (X,Y)

2.2.4 ПОЛЯРНІ КООРДИНАТИ

Полярні координати - система координат на площині, кулі або поверхні еліпсоїда, що складається з точки O, яку називають полю-

сом, початку координат та полярної осі (рис.2.6).

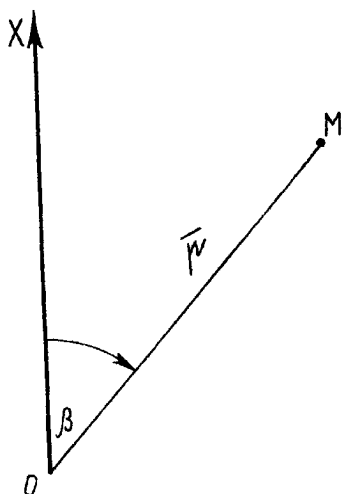


Рис.2.6. Полярні координати на площині

За полярну вісь вибирають довільний напрямок, але деколи її суміщують з напрямком меридіана, що проходить через полюс O . Положення будь-якої точки M визначається радіус-вектором \bar{r} , за який приймають пряму на площині, що з'єднує шукану точку з полюсом, та полярним кутом β . В полярній системі координат полярний кут вимірюють від полярної осі за ходом годинникової стрілки до радіус-вектора.

2.2.5 БІПОЛЯРНІ КООРДИНАТИ

Біполярні координати - лінії або кутові величини, що визначають положення точки M на площині, кулі або еліпсоїді відносно двох вихідних точок P_1 та P_2 (рис.2.7.). Цими величинами можуть бути відстані d_1 та d_2 від точки M до точок P_1 та P_2 , або кути β_1 та β_2 , що утворені напрямками P_1M і P_2M з прямою P_1P_2 .

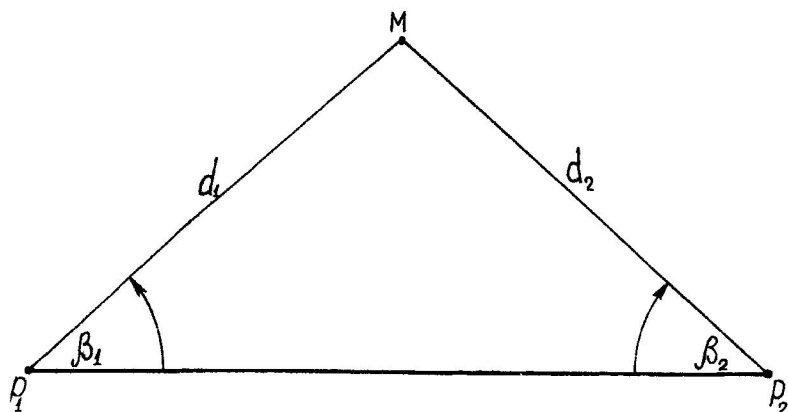


Рис.2.7. Біполярні координати

2.2.6 ВИСОТИ ТОЧОК

Для визначення положення точки на фізичній поверхні Землі використовують третю координату - висоту точки.

Висота точки - відстань по прямовисному напрямку від неї до основної рівневої поверхні (рис.2.8.).

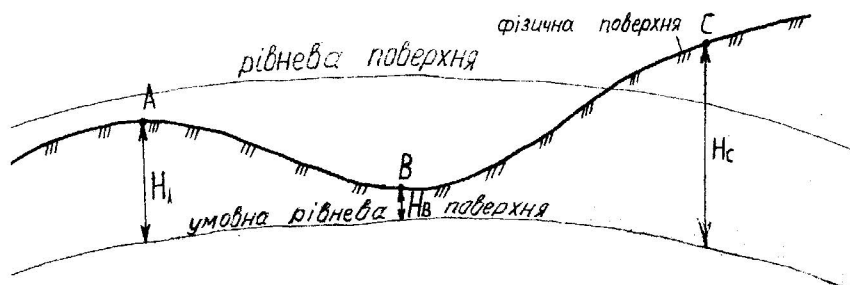


Рис.2.8. Висоти точок земної поверхні

В країнах СНД за основну рівневу поверхню приймають рівень у Фінській затоці Балтійського моря, за яким ведуть спостереження в Кронштадті за допомогою мореграфа-регістратора, що установлений в спеціальному павільйоні біля мосту через Обводний канал.

В 1840 році на мості Обводного каналу закріплено футштокрейку з поділками, що встановлена прямовисно так, щоб її нижній кінець був занурений у воду. Середній рівень моря відповідає нулю Кронштадського футштока, який прийнято за вихідний пункт нівелірних мереж.

У випадку, коли висоти точок визначені не від основної рівневої поверхні, а від будь-яких інших, то такі висоти називаються умовними.

Висоти точок вважають позитивними, якщо точки місцевості розміщені вище рівневої поверхні (точка С). Якщо точки розміщені нижче рівневої поверхні, то їх вважають від'ємними (точка В).

Перевищенням точки називають висоту її над іншою точкою земної поверхні

$$h = H_A - H_B . \quad (2.3.)$$

Перевищення може бути позитивним або від'ємним в залежності від взаємного розміщення точок на земній поверхні.

2.2.7 СИСТЕМА ПЛОСКИХ ПРЯМОКУТНИХ КООРДИНАТ ГАУССА-КРЮГЕРА

Система географічних координат може бути розповсюджена як єдина координатна система на поверхню земного еліпсоїда. Але використання географічної системи координат пов'язане з певними труднощами, серед яких:

- а) взаємне розміщення пунктів визначається в кутових величинах, а всі відстані на місцевості вимірюють в лінійній мірі;
- б) значення одних і тих же кутових одиниць відповідає різним лінійним величинам в залежності від широти;
- в) використання географічних координат вимагає складних й трудомістких, навіть для малих відстаней, обчислень.

Для зображення на плоскому аркуші паперу земної поверхні використовують метод прямокутних (ортогональних) проєкцій. В орто-

гональних проєкціях зображують просторовий об'єкт на площині за допомогою проєктовних променів, що перпендикулярні до площини проєктування.

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. Ці проєкції називаються картографічними і аналітично виражаються двома рівняннями, що зв'язують географічні координати точки $M(\phi, \lambda)$ еліпсоїда з прямокутними координатами її зображення на площині

$$x = f_1(\phi, \lambda), \quad (2.4.)$$

$$y = f_2(\phi, \lambda). \quad (2.5.)$$

За характером спотворення картографічні проєкції бувають рівнокутні (конформні), рівновеликі (еквівалентні) і довільні. В рівнокутних (конформних) проєкціях кути не спотворюються, тобто вони рівні відповідним кутам на сферичній поверхні, а спотворення ліній залежить від їх азимута, зберігається подібність фігур. В прямокутних (еквівалентних) проєкціях зберігається дійсне відношення площ фігур, але форма останніх спотворюється. В довільних проєкціях не зберігається подібність контурів та постійність географічного відношення фігур.

За способом побудови картографічні проєкції бувають перспективні, кінчні, циліндричні, багатогранні й умовні. Перспективні – це коли проєктують з сфери на січну поверхню дотичного або січного конуса, який потім розрізають по твірній поверхні й розгортають в площину. Циліндричні – це коли проєктують з сфери на бічну поверхню дотичною або бічною циліндра, який розрізають по одній із твірних і розгортають в площину. Багатогранні – це коли проєктують з сфери на багатогранник, який потім розгортають на площину. Умовні – це коли проєктують з сфери на площину з дотриманням визначених умов, що полегшують розв'язання на карті відповідного типу задач.

В інженерній геодезії найбільшого розповсюдження отримала рівнокутна (конформна) проєкція, оскільки в разі врахування спотворення необхідно вводити практично однакові поправки в довжину

ліній в межах окремих ділянок.

В Україні прийнята рівнокутна поперечно-циліндрична проекція сферичної поверхні на площині і відповідна до неї система координат Гаусса-Крюгера (Гаусс запропонував цю проекцію, а Крюгер розробив формули для її використання в геодезії) (рис.2.9.).

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. Рахунок зон ведуть на схід від Грінвічського меридіана. Середній меридіан зони називають осьовим.

Кожну таку зону (PAP'В) проєктують на поверхню дотичного до неї по осьовому меридіану (POP') циліндра, вісь якого проходить через центр земного еліпсоїда перпендикулярно до площини осьового меридіана. Кожна з цих 60 зон зображається на площині незалежно від решти. Кожну зону на поверхню циліндра проєктують так, щоб після розгортання поверхні циліндра в площину, зображення малого контура навколо кожної точки на циліндрі було б подібне відповідному контуру на площині. За цієї умови кути між відповідними напрямками на еліпсоїді будуть рівні між собою. Осьовий меридіан кожної зони та екватора зображується на проєкції прямою лінією без спотворення.

За початок координат в кожній зоні приймають перетин осьового меридіана й екватора. За вісь абсцис X приймають осьовий меридіан, а за вісь ординат Y - екватор.

Спотворення довжин ліній збільшується в міру віддалення від осьового меридіана пропорційно квадрату ординати. Ці спотворення на межі шестиградусної зони можуть досягати до 1:1500 довжини лінії. Поправку за спотворення довжини лінії визначають за формулою

$$\Delta d = \frac{(Y_1+Y_2)^2}{2R^2} * d, \quad (2.6)$$

де Y_1, Y_2 - ординати кінцевих точок лінії довжиною d ; R - середній радіус кривизни.

Система координат в кожній зоні однакова. Для встановлення зони, в якій знаходиться точка за даними координатами, ліворуч від значення ординати пишуть номер зони. Щоб не було від'ємних орди-

нат, точкам осьового меридіана умовно дописується ордината, що рівна 500 км (рис.2.9). Тоді всі точки на схід й захід від осьового меридіана будуть мати позитивні ординати. Наприклад, якщо ордината $Y=4312142$, то точка знаходиться в четвертій зоні і віддалена на захід від осьового меридіана на $312412-500000=-187858$ м.

Довготу осьових меридіанів шестиградусних зон визначають за формулою

$$L_0 = 6 * n - 3^\circ, \quad (2.7)$$

де n -номер зони.

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

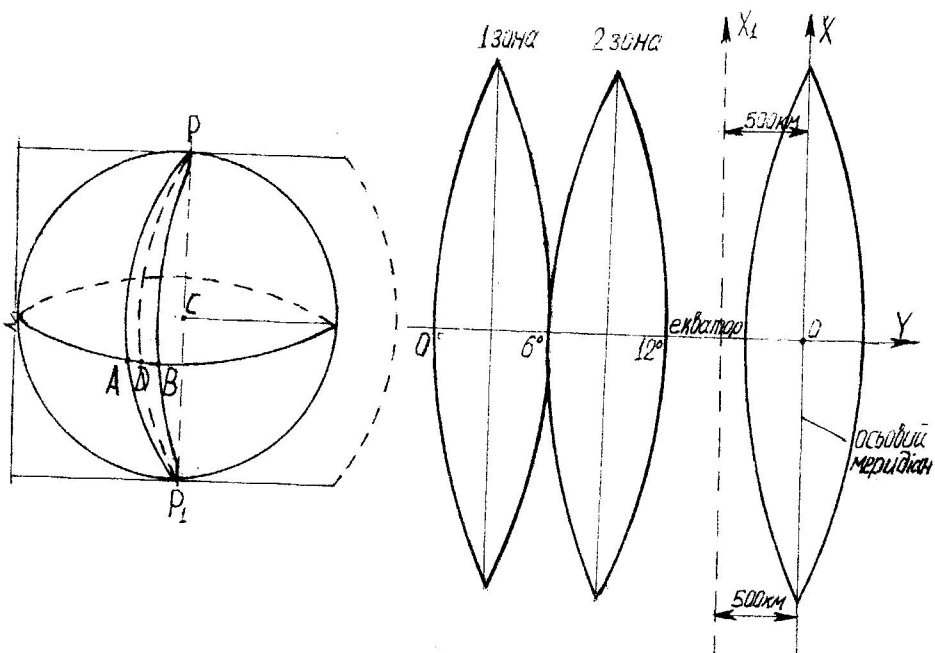


Рис.2.9.Схема побудови поперечно-циліндричних проєкцій та систем координат Гаусса-Крігера

2.2.8 ВРАХУВАННЯ КРИВИЗНИ ЗЕМНОЇ ПОВЕРХНІ ПРИ ВИЗНАЧЕННІ ГОРИЗОНТАЛЬНИХ ВІДСТАНЕЙ ТА ВИСОТ

Еліпсоїдна земна поверхня проектується на площину з певним допущенням, що пов'язане з нерівністю довжини дуги дотичної В'С (рис.2.10.). При вирішенні інженерно-геодезичних задач на будівельному майданчику необхідно знати розміри ділянки земної поверхні, яку практично можна прийняти за площину.

Якщо Землю прийняти за кулю з радіусом R , то абсолютна похибка від заміни частини кулі дотичною до неї площиною буде рівна різниці

$$\Delta d = l - d , \quad (2.8)$$

де l -довжина дуги; d -довжина дотичної

$$d = R * \operatorname{tg} \phi , \quad (2.9)$$

$$l = R * \alpha , \quad (2.10)$$

де α - центральний кут в радіанах, величина якого мала, тоді можна використовувати відомий математичний вираз

$$\operatorname{tg} \alpha = \alpha + \frac{d^2}{3} + \dots \quad (2.11)$$

Довжина дотичної з урахуванням (2.11)

$$d = R \left(\frac{1}{R} + \frac{1^3}{3R^2} \right) = l + \frac{l^3}{3R^2} , \quad (2.12)$$

Тоді абсолютна похибка

$$\Delta d = l^3 / 3 * R^2 , \quad (2.13)$$

а відносна похибка

$$\frac{\Delta d}{l} = \frac{l^2}{3R^2} , \quad (2.14)$$

Таблиця 2.2

Розміри ділянки, км	10	25	50
Абсолютна похибка, км	0,82	12,8	103,0
Відносна похибка	1:1200000	1:200000	1:50000

Дані таблиці свідчать, що вплив заміни частини поверхні дотичною до неї площиною при визначенні горизонтальних відстаней на ділянці до 10 км незначний. Розміри такої ділянки можна прийняти за площину при самих точних вимірюваннях горизонтальних відстаней на земній поверхні.

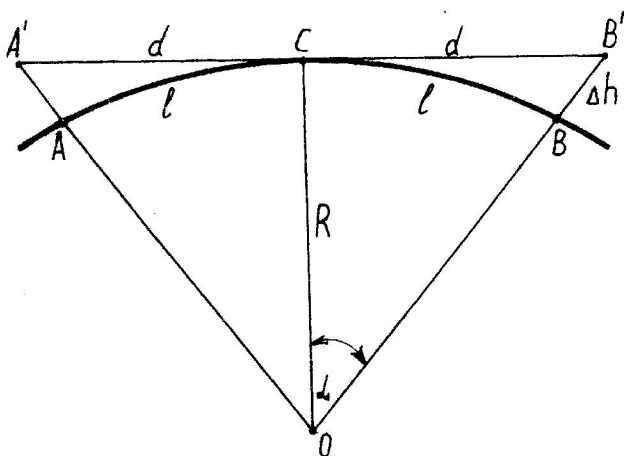


Рис.2.10. Вплив кривизни Землі на визначення горизонтальних та вертикальних відстаней

Вплив кривизни на визначення висот

Таблиця 2.3

Відстань v , м	100	1000	2000	5000	10000
Абсолютна похибка Δh , см	0,08	7,8	31	105	780

Відрізок Δh (рис.2.10) характеризує вплив кривизни Землі на визначення висот точок земної поверхні. З прямокутника OCB'

$$d^2 = (R + \Delta h)^2 - R^2 = \Delta h^2 + 2 * R * \Delta h , \quad (2.15)$$

З рівняння (2.15) отримуємо

$$\Delta h = \frac{d^2}{2R + \Delta h} , \quad (2.16)$$

Оскільки величина Δh мала в порівнянні з радіусом Землі, то можна записати

$$\Delta h = \frac{d^2}{2R} . \quad (2.17)$$

Враховуючи, що при інженерно-геодезичних роботах точність визначення висот 1-2 см, то обов'язково необхідно врахувати поправку на кривизну Землі при визначенні перевищень.

2.5 ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ ДО ГЛАВИ 2 "ВІДОМОСТІ ПРО ФІГУРУ ТА РОЗМІРИ ЗЕМЛІ"

Доповнити визначення.

- 2.1. Геометричне тіло, яке обмежене уявно прокладеною під континентами поверхнею морів та океанів, що знаходяться в спокійному стані,...
- 2.2. Поверхня, кожна точка якої перпендикулярна до прямовисної лінії, тобто до напрямку сили ваги,...
- 2.3. Кут між рівневою поверхнею і напрямленням прямовисної лінії...
- 2.4. Сполучення материків та океанічних западин, які мають складні геометричні форми,...
- 2.5. Геометрична фігура, що обмежена рівневою поверхнею, яка співпадає з поверхнею світового океану в стані повного спокою і рівноваги і уявно прокладена під материками,...

- 2.6. Земний еліпсоїд, який служить допоміжною математичною поверхнею, до якої приводять результати геодезичних вимірювань на земній поверхні,...
- 2.7. Велика вісь еліпсоїда, яка перпендикулярна до полярної осі і проходить через центр Землі,...
- 2.8. Вісь, яка проходить через північний та південний полюси,...
- 2.9. Радянські вчені, які визначили параметри земного еліпсоїда,...
- 2.10. Параметри Земного еліпсоїда:
- а) велика піввісь...
 - б) мала піввісь...
 - в) полярне стиснення...
 - г) довжина дуги чверті меридіана..
 - д) радіус...
- 2.11. Еліпсоїд, розміри якого визначені і який так відповідно зорієнтований в тілі Землі, що його поверхня найближче підходить до поверхні геоїда,...
- 2.12. Положення будь-якої точки, яка знаходиться на поверхні Землі, визначається...
- 2.13. Системи координат, які використовуються в геодезії,...
- 2.14. Числа, якими визначається положення точки на площині, поверхні або у просторі,...
- 2.15. Кутові величини, що визначають положення точки земної поверхні відносно площини, яка перпендикулярна до осі обертання Землі і площини початкового астрономічного меридіана,...
- 2.16. Кут, що утворений напрямком прямої висної лінії в точці, яка задана, і площиною земного екватора,...
- 2.17. Двогранний кут між площиною астрономічного меридіана даної точки та площиною початкового астрономічного меридіана...
- 2.18. Астрономічна широта відраховується...
- 2.19. Астрономічна довгота відраховується...
- 2.20. Уявна лінія земної поверхні, всі точки якої мають однакову астрономічну довготу,...
- 2.21. Лінія перетину земної поверхні з площиною, яка проходить через вісь обертання Землі,...
- 2.22. Умовна лінія на земній поверхні, всі точки якої мають однакову геодезичну довготу,...
- 2.23. Меридіан, який прийнято для початку відліку,...

- 2.24. Умовна лінія на земній поверхні, яка співпадає з горизонтальною проекцією силової лінії магнітного поля Землі,...
- 2.25. Меридіан, який прийнято за вісь координатної зони в системі Гаусса-Крігера,...
- 2.26. Основні координатні лінії в географічній системі координат...
- 2.27. Переріз еліпсоїда площиною, перпендикулярною до малої осі, що проходить через точку, яка задана...
- 2.28. Паралель, що проходить через центр еліпсоїда,...
- 2.29. Умовна лінія на земній поверхні, всі точки якої мають однакову широту...
- 2.30. Дві взаємно перпендикулярні лінії, що знаходяться в горизонтальній площині в плоскій прямокутній системі координат,...
- 2.31. Астрономічні координати точки визначаються...
- 2.32. Величини, що визначають положення точки земної поверхні на референс-еліпсоїді: широта, довгота, висота...
- 2.33. Кут, який утворений напрямком прямої до еліпсоїда в точці, яка задана, з площиною геодезичного екватора,...
- 2.34. Двогранний кут між площиною геодезичного меридіана точки, що задана, і площиною початкового геодезичного меридіана...
- 2.35. Відстань, яка відрахована за прямою від точки, що задана, до рівневої поверхні,...
- 2.36. Величини, що об'єднують дві системи координат - астрономічну і геодезичну; які використовують в тих випадках, коли схилення прямої від нормалі до еліпсоїда не враховується,...
- 2.37. Координати, які використовують при проектуванні незначних ділянок земної поверхні на площину,...
- 2.38. Прямокутна система координат, яка використовує довільні координатні осі,...
- 2.39. Координати, які визначають положення точки земної поверхні відносно довільно обраного полюса системи та початкового напрямку,...
- 2.40. Система координат на площині, яка складається з точки O - початку координат та полярної осі,...
- 2.41. Координати, які визначають положення точки відносно полярної осі на площині за допомогою двох кутів або двох радіусів векторів,...

- 2.42. За основну рівнова поверхню прийнято рівень...
- 2.43. Різниця висот між рівнями двох точок...
- 2.44. Картографічні проєкції за характером спотворення розділяються на...
- 2.45. Картографічні проєкції, в яких кути не спотворюються, тобто вони дорівнюють відповідним кутам на сферичній поверхні, а спотворення лінії залежить від азимута,...
- 2.46. Картографічні проєкції, в яких зберігається справжнє відношення площ фігур, хоча форми останніх спотворюються,...
- 2.47. Картографічні проєкції, в яких не зберігаються подібні контури і немає постійності геометричного відношення фігур,...
- 2.48. Картографічні проєкції за способами побудови розділяються на...
- 2.49. Картографічні проєкції, що отримують проєктуванням точок поверхні кулі на дотичну до неї або січну площину,...
- 2.50. Картографічні проєкції, в яких паралелі зображують паралельними прямими, а меридіани – рівновіддаленими прямими, що перпендикулярні до паралелей,...
- 2.51. Картографічна проєкція, за якою зображено предмет на площині за допомогою проєктовних променів, що виходять з однієї точки,...
- 2.52. Проєкції еліпсоїда або кулі на площину, які не мають властивостей рівнокутних або рівновеликих,...
- 2.53. Найбільшого поширення в Інженерній геодезії отримала картографічна проєкція...
- 2.54. Рівнокутна картографічна проєкція, в якій складені топографічні карти України і яка служить основою для створення загальнодержавної системи плоских прямокутних координат,...
- 2.55. Кут між геодезичними меридіанами даної точки і лінією, яка паралельна осьовому меридіану координатної зони,...

2.6 ЗАДАЧІ ДО ГЛАВИ 2: "ВІДОМОСТІ ПРО ФІГУРУ ТА РОЗМІРИ ЗЕМЛІ"

Задача 2.1

Відомі позначки точок $H_A=128,18\text{м}$ та $H_B=102,01\text{м}$ (Таблиця 2.4).
Визначити перевищення h_{AB} точки А над точкою В.

$$\text{Перевищення: } h_{AB} = H_A - H_B = 128,18 - 102,01 = 26,16 \text{ м.}$$

Таблиця 2.4

Варіант	Висота Н _А , м	Висота Н _А , м	Варіант	Висота Н _А , м	Висота Н _А , м
1	2	3	1	2	3
1	218,34	243,25	16	163,24	144,18
2	146,54	156,28	17	160,10	159,18
3	190,12	198,25	18	220,65	223,13
4	283,09	275,34	19	274,11	277,56
5	201,57	206,02	20	198,01	196,56
6	167,89	164,45	21	134,11	135,09
7	234,76	235,45	22	244,35	245,09
8	198,31	196,05	23	167,44	165,21
9	209,01	208,11	24	199,34	195,42
10	245,45	239,77	25	276,89	285,01
11	166,75	187,24	26	167,45	169,88
12	223,42	224,56	27	245,45	246,98
13	296,70	248,25	28	178,78	180,24
14	234,45	250,02	29	287,54	290,34
15	167,08	170,35	30	256,11	260,78

Задача 2.2

Відомі позначка $H_A=215,01\text{м}$ та перевищення точки В над точкою А $h_{AB} = 2101\text{мм}$ (Таблиця 2.5). Визначити позначку точки В - НВ.

Позначка точки В: $H_B = H_A + h_{AB} = 215,01 + 2,101 = 217,11\text{ м}$.

Таблиця 2.5

Варіант	Н _А , м	h _{AB} , мм	Варіант	Н _А , м	h _{AB} , мм
1	2	3	1	2	3
1	125,67	1145	16	242,78	-2456
2	245,24	-675	17	201,45	564
3	267,52	1089	18	198,76	-1252
4	198,70	770	19	244,45	-876
5	201,21	-456	20	234,43	1760
6	119,90	-1089	21	192,87	234

1	2	3	1	2	3
7	187,34	678	22	245,50	-657
8	244,21	-1002	23	255,13	-987
9	241,41	-1990	24	178,23	1425
10	155,52	564	25	266,89	560
11	244,24	-879	26	199,89	1089
12	267,78	2341	27	235,65	-890
13	188,78	1345	28	167,72	1345
14	176,23	-876	29	154,23	678
15	201,20	1322	30	240,02	-567

Задача 2.3

Відомі: масштаб креслення 1:2000, висота перерізу рельєфу $h=1\text{м}$, довжина лінії на плані $d_{пл}=2,5\text{см}$ (Таблиця 2.6). Визначити уклон лінії з точністю до $0,1^\circ/\infty$.

Горизонтальна відстань на місцевості:

$$d_m = 2,5\text{см} * 2000 = 5000\text{см} = 50\text{м}.$$

Уклон лінії на плані визначається за формулою: $i=h/d_{пл}$ де h - висота перерізу рельєфу, $d_{пл}$ - горизонтальне прокладання.

Тоді уклон $i=1/50=0,020=20^\circ/\infty$.

Таблиця 2.6

Варіант	Масштаб	h, м	d _{пл} , см	Варіант	Масштаб	h, м	d _{пл} , см
1	2	3	4	1	2	3	4
1	1:500	0,1	10	16	1:1000	0,5	35
2	1:2000	1,0	28	17	1:2500	20	76
3	1:5000	12,5	12	18	1:5000	5,0	21
4	1:500	0,5	20	19	1:500	0,1	8
5	1:1000	0,5	12	20	1:2500	10	56
6	1:10000	50,0	24	21	1:1000	1,0	14
7	1:5000	10,0	24	22	1:500	0,5	24
8	1:1000	0,5	32	23	1:500	0,1	18

1	2	3	4	1	2	3	4
9	1:2500	25,0	18	24	1:2000	1,0	24
10	1:500	0,1	32	25	1:10000	50,0	44
11	1:1000	0,5	65	26	1:1000	1,0	12
12	1:500	0,1	24	27	1:1000	0,5	18
13	1:2000	1,0	21	28	1:500	0,1	42
14	1:1000	1,0	32	29	1:5000	5,0	38
15	1:500	0,5	16	30	1:10000	50,0	68

Задача 2.4

Користуючись рисунком (рис.2.11.), визначити з точністю до 0,1м позначку точки К, якщо відомі: відстань між точками на плані $AB=11\text{мм}$, $AK=7\text{мм}$, висота перерізу рельєфу $h=1\text{м}$ (Таблиця 2.7.).

Оскільки рельєф знижується від В до А, за відомою висотою перерізу на 1м, то $NA=119\text{м}$ (Див. рис.2.11.).

Якщо прийняти перевищення точки К над точкою А за X , то можна скласти співвідношення: $AB : AK = h : X$, звідки $X=h*AK/AB$, тоді $X = 1 * 7 / 11 = 0,6\text{м}$.

Позначка точки К: $N_k = NA + X$.

Тоді $N_k = 119 + 0,6 = 119,6\text{м}$.

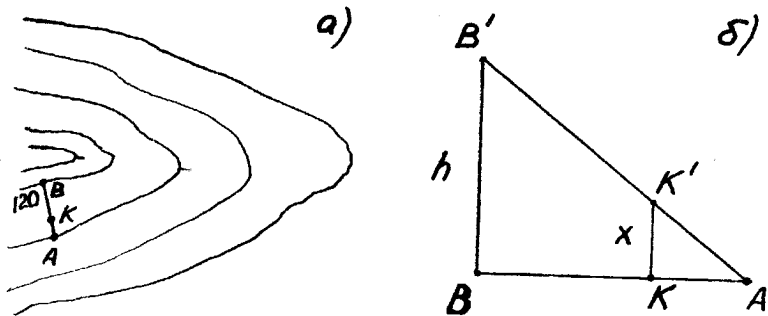


Рис.2.11.

Таблиця 2.7

Ва- рі- ант	Відстань на плані АВ, мм	Відстань на плані АК, мм	Висота перерізу рельєфу h, м	Ва- рі- ант	Відстань на плані АВ, мм	Відстань на плані АК, мм	Висота перерізу рельєфу h, м
1	2	3	4	1	2	3	4
1	10	3	2	16	16	6	1
2	24	18	5	17	8	5	2
3	16	9	1	18	6	4	1
4	21	16	1	19	15	8	2
5	9	5	2	20	25	16	3
6	14	9	5	21	11	9	1
7	17	5	1	22	9	3	5
8	13	7	2	23	28	8	1
9	15	3	1	24	6	1	5
10	22	14	1	25	19	3	2
11	13	9	5	26	23	21	1
12	15	5	2	27	25	19	1
13	9	2	5	28	7	1	5
14	20	9	1	29	17	2	3
15	16	3	2	30	12	10	1

Задача 2.5

Визначити горизонтальне прокладання $d_{пл}$ на плані масштабу 1:5000 з височов перерізу рельєфу $h=2\text{м}$ та укладом $i=0,008$ (Таблиця 2.8).

Горизонтальне прокладання на місцевості:

$$d_m = h / i = 2 : 0,008 = 250\text{м}.$$

Горизонтальне прокладання на плані масштабу 1:5000

$$d_{пл} = 250\text{м} : 5000 = 5\text{см}.$$

Таблиця 2.3

Ва- рі- ант	Масштаб	Висота перерізу рельєфу h, м	Уклон ‰	Ва- рі- ант	Масштаб	Висота перерізу рельєфу h, м	Уклон ‰
1	2	3	4	1	2	3	4
1	1:100	0,1	18	16	1:500	0,25	12
2	1:1000	0,5	15	17	1:2000	1,0	8
3	1:2500	2,0	20	18	1:5000	2,5	18
4	1:10000	5,0	15	19	1:2000	10,0	18
5	1:100	0,1	24	20	1:100	0,2	12
6	1:500	0,25	18	21	1:500	0,5	11
7	1:1000	0,5	21	22	1:1000	0,5	9
8	1:2000	1,0	6	23	1:2000	1,0	16
9	1:5000	2,5	7	24	1:5000	5,0	7
10	1:2500	2,0	14	25	1:2500	2,0	15
11	1:500	0,25	11	26	1:500	1,0	19
12	1:1000	0,5	16	27	1:1000	0,5	6
13	1:100	0,1	18	28	1:500	0,2	16
14	1:1000	1,0	14	29	1:100	0,1	27
15	1:10000	5,0	7	30	1:5000	2,0	14

Задача 2.6

Визначити в кілометрах відстань від осьового меридіана до лінії кілометрової координатної сітки в системі координат Гаусса-Крігера, якщо ордината $Y=2458$ (Таблиця 2.9).

Перша цифра ординати Y кілометрової координатної сітки позначає номер шестиградусної зони, в якій знаходиться лінія (друга зона від 6° до 12°).

Оскільки, щоб уникнути від'ємних знаків ординат, початок координат умовно перенесено на 500км на захід, то для визначення відстані від осьового меридіана другої зони до лінії кілометрової координатної сітки треба:

$$Y = 458 - 500 = - 42 \text{ км} .$$

знак (-) говорить про те, що лінія знаходиться на 42 км на захід від осьового меридіана.

Таблиця 2.9

Варіант	Відстань від осьового меридіана Y, км	Варіант	Відстань від осьового меридіана Y, км	Варіант	Відстань від осьового меридіана Y, км
1	2	1	2	1	2
1	3487	11	4852	21	4056
2	2145	12	3211	22	3954
3	1186	13	4631	23	2562
4	2836	14	2431	24	3655
5	4655	15	4872	25	4235
6	3727	16	4539	26	2855
7	4221	17	3028	27	3971
8	4952	18	4672	28	4502
9	4263	19	4360	29	4302
10	3894	20	3725	30	4177

Задача 2.7

Визначити довготу точки L_A , якщо вона знаходиться в четвертій шестиградусній зоні прямокутної системи координат Гаусса-Крігера, та різниця довгот осьового і географічного меридіанів даної точки $\Delta\lambda = 3^{\circ}05'$ (Таблиця 2.10).

Осьовий меридіан шестиградусної зони, в якій знаходиться точка А

$$L_0 = 6^{\circ} * N3 - 3^{\circ} = 6^{\circ} * 4 - 3^{\circ} = 21^{\circ} .$$

Різниця довгот осьового L_0 і географічного меридіанів L_A даної точки $\Delta\lambda = L_A - L_0$

Тоді, довгота точки А: $L_A = L_0 + \Delta\lambda = 21^{\circ} + 3^{\circ}05' = 24^{\circ}05'$.

Таблиця 2.10

Ва- рі- ант	№ зони	Δλ		Ва- рі- ант	№ зони	Δλ		Ва- рі- ант	№ зони	Δλ	
		°	'			°	'			°	'
1	2			1	2			1	2		
1	4	2	15	11	3	-2	33	21	4	-2	02
2	5	2	01	12	4	-1	18	22	4	1	48
3	3	2	42	13	4	1	57	23	3	-1	25
4	2	-2	11	14	5	2	08	24	6	-1	15
5	4	-2	52	15	5	-2	56	25	5	-2	38
6	4	1	38	16	4	-1	47	26	3	-2	42
7	3	2	21	17	3	-2	14	27	4	2	29
8	3	-1	17	18	6	1	35	28	3	1	44
9	2	-2	39	19	4	2	29	29	3	1	06
10	4	2	37	20	4	2	56	30	4	2	37

Задача 2.8

Визначити Гауссове зближення меридіанів γ_A , якщо відомі широта точки $BA=54^\circ 31'$ і довгота точки $LA=18^\circ 42'$ (Таблиця 2.11).

Величина Гауссова зближення меридіанів може бути визначена приблизно за формулою:

$$\gamma_A = \Delta\lambda * \sin BA,$$

де BA - геодезична широта точки;

$\Delta\lambda$ - різниця довгот осьового і географічного меридіанів даної точки.

В системі координат Гаусса-Крігера точка A , довгота якої $LA=18^\circ 42'$, знаходиться в четвертій шестиградусній зоні. Осьовий меридіан шестиградусної зони:

$$L_0 = 6^\circ * N_3 - 3^\circ = 6^\circ * 4 - 3^\circ = 21^\circ.$$

Різниця довгот осьового і географічного меридіанів даної точки

$$\Delta\lambda = LA - L_0 = 18^\circ 42' - 21^\circ = -2^\circ 18'.$$

Тоді, Гауссове зближення меридіанів

$$\gamma = - 2^{\circ}18' * \sin 54^{\circ}31' = - 2^{\circ}45'.$$

Знак (-) говорить про те, що Гауссове зближення меридіанів західне.

Таблиця 2.11

Варіант	широта ВА		довгота ІА		Варіант	широта ВА		довгота ІА	
	°	'	°	'		°	'	°	'
	2	3	4	5		1	2	3	4
1	54	48	18	24	16	44	26	18	47
2	48	32	18	58	17	49	06	18	03
3	62	11	19	18	18	50	18	18	35
4	51	20	20	05	19	54	26	20	27
5	53	30	19	08	20	52	55	24	47
6	47	05	21	14	21	51	37	28	11
7	45	26	24	25	22	53	47	29	21
8	49	32	20	18	23	54	28	30	25
9	50	01	28	17	24	56	09	27	06
10	51	47	25	39	25	55	25	28	04
11	55	18	23	48	26	54	32	25	10
12	47	16	20	56	27	52	48	19	41
13	49	28	22	02	28	53	37	19	22
14	53	29	19	47	29	54	40	20	02
15	46	45	19	24	30	54	31	25	32

Задача 2.9

Обчислити поправку за кривизну Землі (в см.) при визначенні перевищень, якщо горизонтальна відстань (d) на ділянці становить 100 м (Табл.2.12.).

Поправка за кривизну Землі при визначенні перевищень визначається за формулою (2.17) .

Тоді:

$$\Delta h = \frac{d^2}{2 \cdot R} = \frac{100^2}{2 \cdot 6371110} = 0,08 \text{ см}$$

Таблиця 2.12

Варіант	Горизон- тальна відстань , м	Варіант	Горизон- тальна відстань , м	Варіант	Горизон- тальна відстань , м
1	2	1	2	1	2
1	150	11	650	21	1300
2	200	12	700	22	1400
3	250	13	750	23	1500
4	300	14	800	24	1600
5	350	15	850	25	1700
6	400	16	900	26	1800
7	450	17	950	27	1900
8	500	18	1000	28	2000
9	550	19	1100	29	3000
10	600	20	1200	30	4000

3.1. Кути орієнтування

Орієнтувати напрям – це визначити його положення на місцевості або кресленні відносно другого напрямку, що прийнято за початковий. При орієнтуванні за сторонами світу за початковий напрям приймають істинний, магнітний або осьовий меридіан. Меридіан, що проходить через дану точку місцевості, одним напрямом вказує на північний, а другим – на південний полюс.

Для орієнтування напрямів користуються азимутами, румбами та дирекційними кутами.

Істинним азимутом лінії місцевості в даній точці називають кут, що відлічується за ходом стрілки годинника від північного напрямку істинного меридіана, який проходить через дану точку, до напрямку з цієї точки на предмет (рис.3.1.).

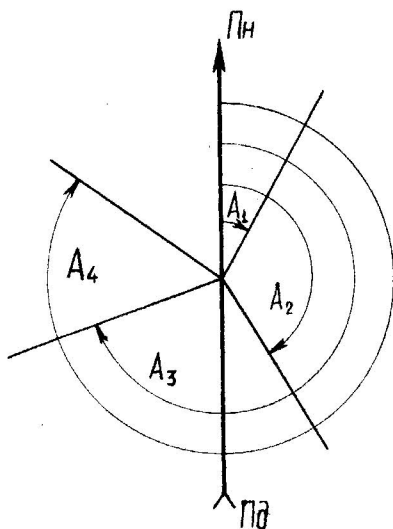


Рис.3.1. Азимути ліній

За абсолютним значенням азимуту міняються від 0° до 360° (рис.3.1.). Меридіани між собою не паралельні, тому азимут лінії в кожній її точці має різне значення (рис.3.2.).

$$\lambda_2 = \lambda_1 + \gamma. \quad (3.1)$$

Зближення меридіанів γ – кут між напрямками двох меридіанів в даних точках, який обчислюють за формулою:

$$\gamma = \pm \Delta\lambda * \sin\phi, \quad (3.2)$$

де $\Delta\lambda$ – різниця меридіанів точки P_1 (λ_1) й точки P_2 (λ_2); ϕ – довгота точки.

Кут γ для точок, розміщених на схід від осьового меридіана, – від'ємний.

При розв'язанні практичних задач доцільно користуватися магнітними азимутами, які легко можна визначити за допомогою простих приладів, головною частиною яких є магнітна стрілка.

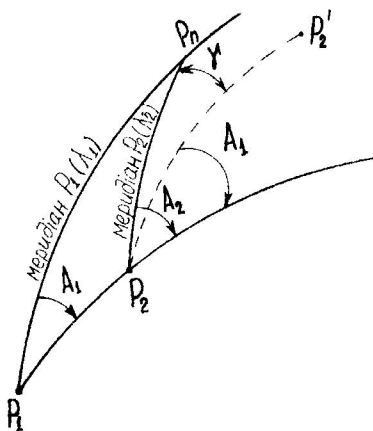


Рис.3.2. Зближення меридіанів

Магнітний меридіан – це проекція магнітної осі вільно підвішеної магнітної стрілки в даній точці на рівневу поверхню. Напрями магнітного й істинного меридіанів, що проходять через одну й ту ж точку місцевості не співпадають, а перетинаються під кутом, що називають **схиленням магнітної стрілки** (рис.3.3). Магнітне схилення прийнято за східне, коли магнітний меридіан відхиляється на схід від істинного меридіана, і позначається знаком (+δс). Магнітне схилення прийнято за західне, коли магнітний меридіан відхиляється

на захід від істинного меридіана, і позначається знаком $(-\delta_z)$. В кожній точці місцевості магнітне схилення міняється безперервно. Розрізняють вікове, річне й добове змінення схилення. Добові зміни схилення на Україні досягають $15''$, а річні в одній і тій же точці $9'$. Є райони, в яких взагалі неможливо користуватись магнітною стрілкою. Такі райони називаються аномальними, до них відносяться Курська, Криворізьська та інші магнітні аномалії. Систематичні спостереження за зміною магнітного схилення в даному районі виконують на метеорологічних станціях.

Магнітний азимут – це горизонтальний кут, відрахований за ходом стрілки годинника від північного напрямку магнітного меридіана, що проходить через дану точку, до напрямку з цієї точки на предмет. Магнітні азимуты, так як і дійсні, змінюються від 0° до 360° . Залежність між магнітними й дійсними азимутами:

$$A_i = A_m + \delta_c, \quad (3.3)$$

$$A_i = A_m - \delta_z, \quad (3.4)$$

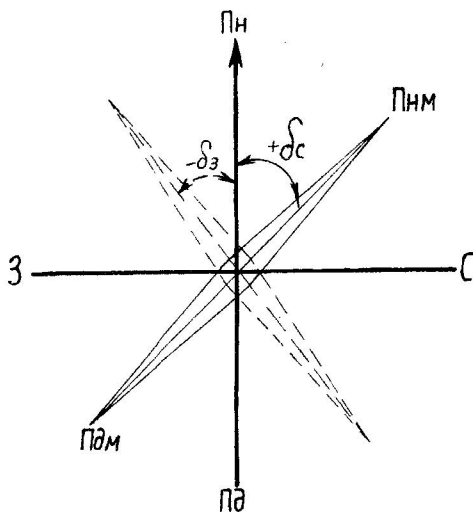


Рис.3.3. Магнітне схилення

В практичних цілях замість азимутів користуються для орієнтування напрямів румбами.

Румб - це гострий кут, що відраховується від напрямку на предмет до найближчого напрямку меридіана, що проходить через дану точку (рис.3.4). Значення румбів міняються від 0° до 90° . Румби позначаються індексами (ПнС, ПдС, ПдЗ, ПнЗ), що вказують на чверть, в якій знаходиться румб.

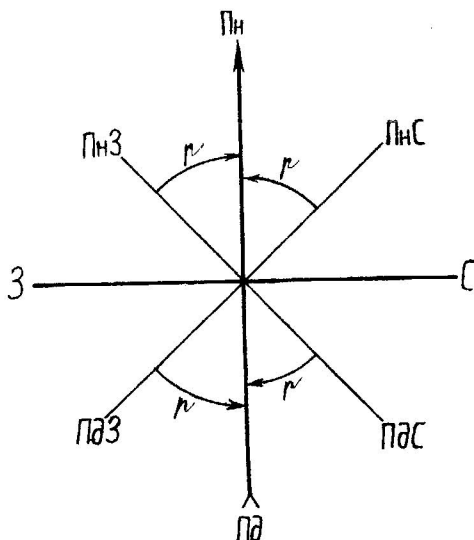


Рис.3.4. Румби

Зв'язок між румбами й азимутами наведено в табл. 3.1.

Залежність між румбами й азимутами

Таблиця 3.1

№ чверті	Назва чверті чи орієнтування	Азимути	Румби
1	Пн С	$0^\circ - 90^\circ$	$r = A$
2	Пд С	$90^\circ - 180^\circ$	$r = 180^\circ - A$
3	Пд З	$180^\circ - 270^\circ$	$r = A - 180^\circ$
4	Пн З	$270^\circ - 360^\circ$	$r = 360^\circ - A$

В залежності від якого меридіана (істинного чи магнітного) визначають румби, їх називають істинними або магнітними.

Азимути бувають прямі й зворотні. Азимут, який визначений з початку лінії, називають прямим, а з кінця цієї ж лінії – зворотним. Так, якщо для лінії РД (рис.3.5) кут А – прямий азимут, то кут А' буде зворотним азимутом.

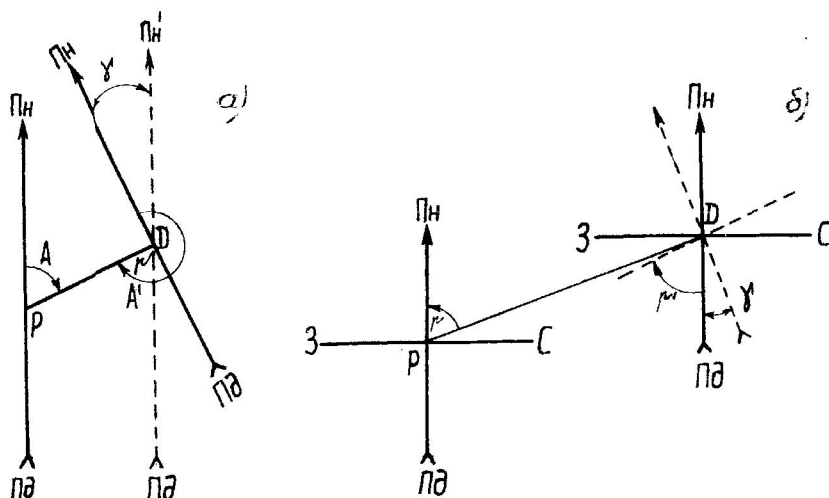


Рис.3.5. Прямі й зворотні азимути (а) й румби (б)

Оскільки меридіани не паралельні між собою і відрізняються на величину зближення меридіанів γ , то залежність між прямим й зворотним азимутами лінії має вигляд

$$A' = A + 180^\circ + \gamma . \quad (3.5)$$

Якщо відстань між точками не перевищує 7км, то в цьому випадку зближення меридіанів можна знехтувати

$$A' = A + 180^\circ . \quad (3.6)$$

Румби, як й азимути, бувають прямі й зворотні. Для лінії РД (рис.3.5) румб – прямий, а для лінії ДР румб – зворотній. Прямий румб рівен зворотному румбу за кутовою величиною з урахуванням зближення меридіанів й протилежний за назвою

$$\Gamma_{ПДС} = \Gamma'_{ДПЗ} + \gamma . \quad (3.7)$$

Якщо відстань між точками не перевищує 1км, то зближенням меридіанів можна знехтувати

$$\Gamma_{\text{ПНС}} = \Gamma'_{\text{ЦдЗ}} \quad (3.8)$$

Для орієнтування на площині ліній в межах кожної зони в системі координат Гаусса-Крігера замість істинного або магнітного меридіанів за вихідне приймають положення напрямку осі абсцис, що паралельно осьовому меридіану шестиградусної зони.

Дирекційний кут - це горизонтальний кут, що відлічується за рухом годинникової стрілки від північного напрямку осьового меридіана зони або лінії, що йому паралельна, до заданого напрямку (рис.3.6). Значення дирекційних кутів міняються від 0° до 360° . Оскільки напрямок OX' паралельний осьовому меридіану зони OX , то залежність між прямим й зворотним дирекційним кутом має вигляд

$$\alpha' = \alpha \pm 180^\circ, \quad (3.9)$$

Тобто прямий та зворотний дирекційні кути однієї й тієї ж лінії за абсолютним значенням відрізняються між собою на 180° .

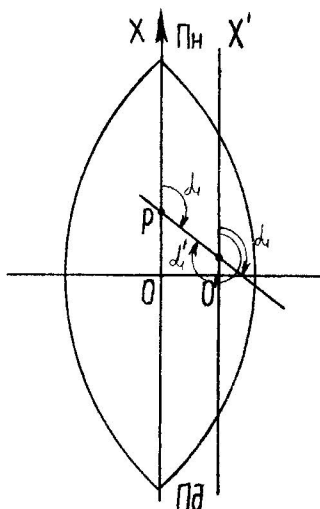


Рис.3.6. Дирекційні кути

Зв'язок між дирекційним кутом й магнітним азимутом з ураху-

ванням значень та знаків зближення меридіанів й магнітного схилення визначається залежністю

$$\alpha = \Delta m - (\gamma - \delta) . \quad (3.10)$$

Середнє значення магнітного схилення та зближення меридіанів для території, що зображена на карті, приводиться під її південною рамкою.

3.2. Визначення географічного азимута

Географічний азимут визначається астрономічним методом та гіроскопічним орієнтуванням за допомогою спеціального прилада - гіротеодоліта.

При астрономічному методі визначення географічного азимута A напрямку ZM (рис.3.7) заміряють горизонтальний кут між цим напрямом й напрямом на небесне світило (Сонце, Полярна зірка та ін.) σ .

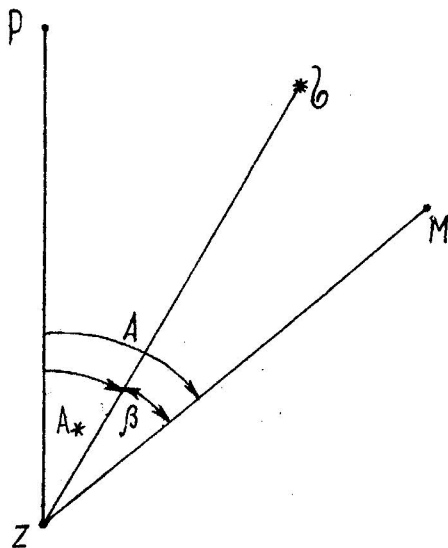


Рис.3.7. Визначення азимута астрономічним методом

За правилами астрономії визначають азимут A на небесне світило в момент візування на нього. Відповідно до рис.3.7. географічний

$$A = A_* + \beta . \quad (3.11)$$

Тобто, задача визначення географічного азимута полягає в знаходженні азимута на небесне світило в прийнятій системі координат.

Всі небесні світила розглядаються в проекції на поверхню небесної сфери, за яку прийнято поверхню довільного радіуса з центром в точці стояння спостерігача.

Пряма, паралельна осі обертання Землі, навколо якої проходить видиме добове обертання небесної сфери, називається **віссю світа**, а точки її перетину з небесною сферою – відповідно північним й південним полюсами світу. Площиною небесного екватора називають площину перпендикулярну до осі світу, яка проходить через центр Землі. Переріз площиною небесного екватора небесної сфери є **небесна сфера**. Велике коло, що проходить через вісь світа й світило, що спостерігають, називають **колом схилення цього світила**.

Прямовисна лінія, що проходить через точку спостереження, перетинає небесну сферу в двох діаметрально протилежних точках – **зеніті й надирі**. Площина великого кола, що перпендикулярна прямовисній лінії, яка проходить через точку спостереження, називається **площиною небесного горизонту**, а перетин цієї площини з небесною сферою – **небесним горизонтом**. Площини, що проходять через прямовисну лінію, утворюють в перетині з небесною сферою кола, що називаються **вертикалами**. Вертикал, що проходить через вісь світу, називають **меридіаном стояння спостерігача**.

Положення світила на небесній сфері може бути визначене двома координатами в різних системах.

В горизонтальній системі координатами є зенітна відстань світила й азимут світила A_* на момент візування на нього, що відраховується від точки півдня до вертикала світила за ходом годинникової стрілки.

В екваторіальній системі координат координатами світила є схилення δ й часовий кут t . **Схиленням світила** називається дуга кола схилення від небесного екватора до світила. **Часовим кутом світила** називається дуга небесного екватора від астрономічного меридіана до кола схилення світила. Часовий кут відраховується від південної частини меридіана за ходом годинникової стрілки до кола

скилення світила й міняється від 0° до 360° .

Азимут A_* визначають астрономічним способом за висотою світила. З цією метою виміряють зенітну відстань світила. Визначають за допомогою карти широту точки спостереження. Беруть з астрономічного щорічника скилення світила, що спостерігають, й за цими даними обчислюють азимут A_* .

При способі визначення азимута A по часовому куту світила за допомогою точного годинника визначають часовий кут t . Користуючись значенням часового кута t , враховуючи широту точки спостереження світила, обчислюють азимут A_* .

При гіроскопічному орієнтуванні азимут визначають за допомогою гіртеодоліта, що поєднує гіроскоп, як датчик напрямлення географічного меридіана, й теодоліт, як прилад для вимірювання кутів горизонтальних напрямків.

Гіроскоп - це пристрій, що включає ротор, який може обертатись з дуже великою швидкістю, й систему опор, які забезпечують рух ротора навколо нерухомих точки, що лежить на його головній осі. Гіроскоп називають вільним, якщо він має три ступеня свободи, а нерухома точка співпадає з центром ваги гіроскопа й з точкою перетину осей підвішування ротора. Властивості вільного гіроскопа: в випадку, якщо не діють зовнішні сили, головна вісь гіроскопа зберігає постійний напрям в просторі незалежно від переміщення основи; під дією зовнішньої сили, що прикладена до осі швидкообертового ротора, вона переміщується в напрямі, що перпендикулярний до осі дії сили. Такий рух головної осі обертового гіроскопа називають прецесією.

В гіртеодолітах гіроскоп перетворено в датчик напряму географічного меридіана внаслідок дії на головну вісь двох сил - добоного обертання Землі й сили тяжіння. Чутливий елемент приладу - роторний гіроскоп за конструкцією може бути триступеневим маятниковим гіроскопом або двоступеневим гіроскопом з горизонтальним чи вертикальним розміщенням головної осі.

Сила тяжіння завжди й скрізь направлена до центру тяжіння Землі, тому під її впливом вісь гіроскопа прагне встановитися в горизонтальне положення. Внаслідок обертання Землі навколо своєї осі вісь гіроскопа прагне розміститися паралельно осі обертання Землі, тобто в площині географічного меридіана. В результаті дії

Обох сил головна вісь гіроскопа виконує складний рух: незалежно від свого первісного положення вона рухається в сторону площини меридіана й, прагнучи з нею суміститися, виконує гармонічні азимутальні коливання. Положення рівноваги цих коливань відповідає напрямку географічного меридіана.

Гіроскопічний азимут напрямку на предмет визначають за формулою

$$\alpha_{\text{г}} = M - N_0 \quad , \quad (3.12)$$

де M - відлік за горизонтальним кругом, що відповідає напрямку на місцевий предмет; N_0 - відлік за горизонтальним кругом, що відповідає напрямку географічного меридіана.

Географічний азимут напрямку обчислюють за формулою

$$A = \alpha_{\text{г}} + \Delta \quad , \quad (3.13)$$

де Δ - поправка гіротеодоліта, яку визначають на еталонному приладі на вихідних напрямках з відомими географічними азимутами.

3.3. ВИЗНАЧЕННЯ МАГНІТНОГО АЗИМУТА

Магнітні азимути або румби визначають за допомогою вільно підвішеної й урівноваженої в горизонтальній площині магнітної стрілки.

Компас магнітний - це прилад, що призначений для визначення сторін горизонту й вимірювання на місцевості магнітних азимутів. При орієнтуванні на місцевості використовують компас Андріанова, який складається з корпусу, в центрі якого вільно обертається магнітна стрілка на вістрі сталевий голки. Під впливом магнітних сил Землі стрілка сама встановлюється в напрямку магнітного меридіана. В робочому стані стрілки її північний кінець встановлюється в напрямку на Північний магнітний полюс, а південний - на Південний магнітний полюс. В неробочому стані стрілка закріплюється тормозом, тобто притискується до скла за допомогою зретира.

В середині корпусу розміщена кругова шкала (лімба), що розділена на 120 поділок. Ціна однієї поділки складає 3° , шкала має подвійну оцифровку. Внутрішня оцифровка нанесена за ходом годинникової стрілки від 0° до 360° через 15° (5 поділок шкали). Зовнішня

цифровка нанесена проти ходу годинникової стрілки через 30° (10 поділок шкали).

Для візування на місцевості предметів і зняття відліків по шкалі компаса на його кільці, що обертається, закріплені візирні пристрої в вигляді цілика і мушки а також показник відліків.

Північний кінець магнітної стрілки, показник відліків й поділка на шкалі через 90° покриті фарбою, яка світиться в темноті, що дозволяє користуватись компасом вночі.

Орієнтування напрямків на сторони горизонту за допомогою компаса виконують в такій послідовності. Показник відліку біля мушки візирного пристрою установлюють на нульову поділку шкали, а компас - в горизонтальне положення. Потім відпускають тормоз магнітної стрілки й повертають компас так, щоб північний її кінець співпав з нульовим відліком. Після цього, не змінюючи положення компаса, візуванням через цілик та мушку помічають на лінії візування віддалений орієнтир, який використовують як напрям на північ. В протилежному напрямі по відношенню до півночі буде південь, праворуч - схід, а ліворуч - захід.

Бусоль - прилад для безпосереднього вимірювання магнітних азимутів або румбів ліній та для визначення напрямку магнітного меридіана. Використовуються бусолі Шмалькальдера та БГ-1 як самостійні прилади і орієнтир-бусолі, що входять в комплект геодезичних приладів, таких, як теодоліт, мензула та ін.

Основними частинами бусолі БГ-1 є лімб (круг з поділками), аліада й безпосередньо бусоль. На аліаді вигравіювано два верньєри, що розміщені протилежно один одному. Ціна поділки лімба 1° , а поділки шкали верньєра $5'$. На аліаді розміщено два діоптриз, окулярний та предметний. Окулярний діоптр має вузьку щіль для спостереження, а предметний - вертикально натягнену в прорізі нитку. В центрі аліади встановлена бусоль, що жорстко закріплена з нею.

Бусоль має корпус, на верхній кільцевій поверхні якого нанесена шкала румбів. В центрі корпусу є шпиль, на який насажена через агатовий підпятник сталева магнітна стрілка. З метою запобігання механічних пошкоджень стрілки й шкали передбачена кришка з захисним склом. При обертанні кришки за ходом годинникової стрілки аретирний пристрій притискає стрілку до скла кришки.

Для вимірювання румбів й азимутів за допомогою циліндричного штиря з конічним отвором, що за допомогою перехідної втулки з'єднується знизу з центральним отвором лімба, бусоль надівають на штир. Розаретивють магнітну стрілку, для чого поворотом кришки проти ходу годинникової стрілки магнітну стрілку опускають на штир. Орієнтують бусольне кільце й лімб по магнітному меридіану. Для цього нуль лімба суміщують з нулем алідади біля окулярного діоптра, відпускають затискний гвинт, поворотом всієї бусолі на штирі, суміщують нуль бусольного кільця біля предметного діоптра з північним кінцем стрілки. Фіксують бусоль затискним гвинтом. В результаті виконаних дій бусоль підготовлена до роботи. Поворотом алідади наводять візирну лінію діоптра на ціль. Знімають відліки: для азимутів – за лімбом, а для румбів – за бусольним кільцем.

3.4. ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ ДО ГЛАВИ З "ОРІЄНТУВАННЯ НАПРЯМІВ"

Доповнити визначення.

- 3.1. Визначення напрямку лінії відносно іншого напрямку, який прийнято за вихідний,...
- 3.2. Кут, що визначається за ходом годинникової стрілки від північного напрямку меридіана, який проходить через задану точку, до напрямку з цієї точки на предмет,...
- 3.3. Азимут приймає значення...
- 3.4. Кут в даній точці між напрямком її меридіана і напрямком меридіана іншої точки земної поверхні...
- 3.5. Коли меридіан розташований на схід від осьового меридіана, то зближення меридіанів вважається..., а коли на захід,...
- 3.6. Зближення меридіанів вважається..., коли меридіан розташований на захід від осьового меридіана.
- 3.7. Гострий кут, що визначається від напрямку на предмет до найближчого напрямку меридіана, що проходить через точку, яка задана...
- 3.8. Румб приймає значення...
- 3.9. Азимути та румби бувають...
- 3.10. Азимут або румб, який визначено на початку лінії, називається,...

- 3.11. Азимут або румб, який визначено в кінці лінії, називається...
- 3.12. Горизонтальний кут, що визначається за ходом годинникової стрілки від північної частини напрямку осьового меридіана зони або лінії, яка йому паралельна, до напрямку, що заданий,...
- 3.13. Дирекційні кути змінюються...
- 3.14. Горизонтальний кут, що визначений за ходом годинникової стрілки від північного напрямку географічного меридіана, який проходить через точку, що задана, до напрямку з цієї точки на предмет...
- 3.15. Горизонтальний кут, який визначений за ходом стрілки годинника від північного напрямку магнітного меридіана, що проходить через точку, яка задана, до напрямку з цієї точки на предмет...
- 3.16. Напрямки магнітного і географічного меридіанів не збігаються на величину кута, що називається...
- 3.17. Схилення магнітної стрілки додатне, коли воно...
- 3.18. Схилення магнітної стрілки від'ємне, коли воно...
- 3.19. Прилад, за допомогою якого визначається географічний азимут,...
- 3.20. Пряма, що паралельна осі обертання Землі, навколо якої проходить видиме добове обертання небесної сфери,...
- 3.21. Площина, перпендикулярна до осі світу, яка проходить через центр Землі,...
- 3.22. Велике коло, що проходить через вісь світа, й світило, яке спостерігають,...
- 3.23. Прямовисна лінія, що проходить через точку спостереження, перетинає небесну сферу в двох діаметрально протилежних точках,...
- 3.24. Площина великого кола, що перпендикулярна прямовисній лінії, яка проходить через точку спостереження,...
- 3.25. Перетин площиною небесного горизонту небесної сфери...
- 3.26. Площини, що проходять через прямовисну лінію, утворюють в перетині з небесною сферою кола, які міняють назву,...
- 3.27. Вертикаль, що проходить через вісь світу, називають...
- 3.28. В екваторіальній системі координат координатами світила е...
- 3.29. Дуга кола схилення від небесного екватора до світила...
- 3.30. Дуга небесного екватора від астрономічного меридіана до кола схилення світила...

- 3.31. Часовий кут відраховується від південної частини меридіана за ходом годинникової стрілки до кола схилення світила й змінюється...
- 3.32. При гіроскопічному орієнтуванні азимут визначають за допомогою...
- 3.33. Магнітні азимути або румби визначають за допомогою...
- 3.34. Прилад, що призначений для визначення сторін горизонту й вимірювання на місцевості магнітних азимутів...
- 3.35. Ціна однієї поділки лімба магнітного компаса...
- 3.36. Прилад для безпосереднього вимірювання магнітних азимутів або румбів лінії та для визначення напрямку магнітного меридіана...
- 3.37. Ціна поділки лімба бусолі...

3.5. ЗАДАЧІ ДО ГЛАВИ 3 "ОРІЄНТУВАННЯ НАПРЯМІВ"

Задача 3.1.

Визначити істинний азимут лінії A_{1-2} , якщо відомий магнітний азимут $A_{m1-2}=42^{\circ}15'$ та східне схилення магнітної стрілки $\delta_{cx}=2^{\circ}12'$ (табл.3.2)

$$\text{Істинний азимут } A_{1-2} = A_{m1-2} + \delta_{cx} = 42^{\circ}15' + 2^{\circ}12' = 44^{\circ}27'.$$

Таблиця 3.2

Варіант	Магнітний азимут A_m		Схилення магнітної стрілки східне δ_{cx}		Варіант	Магнітний азимут A_m		Схилення магнітної стрілки східне δ_{cx}	
	°	'	°	'		°	'	°	'
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	86	24	1	11	16	24	15	2	31
2	38	32	2	24	17	104	01	4	52
3	148	35	1	52	18	310	45	3	26
4	156	43	1	52	19	102	15	1	16
5	224	24	5	13	20	56	42	0	58
6	53	05	1	31	21	76	31	2	45
7	6	30	2	04	22	113	43	1	21

1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
8	37	23	3	11	23	133	12	2	02
9	115	15	4	02	24	250	50	2	33
10	143	43	2	48	25	86	01	1	52
11	98	34	2	48	26	102	07	4	23
12	78	66	2	56	27	78	31	1	11
13	103	45	2	36	28	126	34	2	48
14	145	36	1	48	29	206	35	2	37
15	205	06	2	17	30	24	56	6	16

Задача 3.2.

Визначити істинний азимут лінії A_{1-2} (рис.3.3.), якщо відомий магнітний азимут $A_{M1-2}=44^{\circ}04'$ та західне схилення магнітної стрілки $\delta_{3x}=6^{\circ}22'$ (табл.3.3).

$$\text{Істинний азимут } A_{1-2} = A_{M1-2} - \delta_{3x} = 44^{\circ}04' - 6^{\circ}22' = 37^{\circ}42'.$$

Таблиця 3.3

Варіант	Магнітний азимут A_M		Схилення магнітної стрілки західне δ_{3x}		Варіант	Магнітний азимут A_M		Схилення магнітної стрілки західне δ_{3x}	
	°	'	°	'		°	'	°	'
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	24	05	4	01	16	102	15	5	34
2	102	24	3	54	17	98	32	4	12
3	87	22	1	08	18	66	32	3	45
4	134	48	2	28	19	207	09	1	14
5	178	23	4	11	20	143	25	2	24
6	67	32	2	54	21	67	33	2	58
7	245	45	1	51	22	125	34	3	32
8	112	03	3	33	23	96	15	4	46
9	65	05	5	52	24	88	18	1	28
10	234	45	4	42	25	211	56	3	32
11	87	23	2	24	26	112	12	2	25
12	109	09	4	05	27	556	08	2	44
13	94	14	3	25	28	43	34	3	09

1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
14	34	52	6	44	29	211	44	4	25
15	165	34	2	56	30	67	03	1	44

Задача 3.3.

Визначити дирекційний кут α_{1-2} (рис.3.8), якщо істинний азимут $A_{1-2} = 30^\circ 40'$. Зближення меридіанів західне $\gamma_{зх} = 0^\circ 14'$ (табл.3.4).

Дирекційний кут $\alpha_{1-2} = A_{1-2} + \gamma_{зх} = 30^\circ 40' + 0^\circ 14' = 30^\circ 54'$.

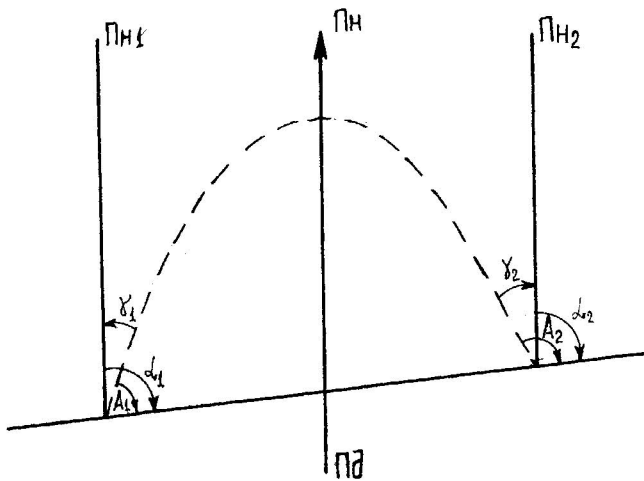


Рис.3.8. Залежність між істинним азимутом і дирекційним кутом

Таблиця 3.4

Варіант	Істинний азимут A_{1-2}		Зближення меридіанів західне $\gamma_{зх}$		Варіант	Істинний азимут A_{1-2}		Зближення меридіанів західне $\gamma_{зх}$	
	°	'	°	'		°	'	°	'
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	24	25	0	15	16	124	25	0	42
2	49	13	1	11	17	98	56	1	54

1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
3	78	56	0	09	18	198	56	0	34
4	81	15	1	24	19	134	32	2	22
5	92	36	2	18	20	221	08	2	29
6	87	52	3	38	21	145	38	1	39
7	68	05	1	24	22	92	12	2	14
8	52	25	0	56	23	121	18	0	53
9	88	42	4	46	24	156	38	2	36
10	58	41	0	24	25	85	15	2	29
11	43	35	2	26	26	76	34	2	01
12	25	16	1	44	27	92	29	1	49
13	39	33	1	17	28	135	42	0	24
14	71	16	0	34	29	88	34	1	44
15	66	36	2	46	30	213	21	2	13

Задача 3.4.

Визначити дирекційний кут α_{1-2} (рис.3.8), якщо істинний азимут $A_{i1-2}=28^{\circ}28'$ та зближення меридіанів східне $\gamma_{сх}=0^{\circ}08'$ (табл.3.5).

$$\text{Дирекційний кут } \alpha_{1-2} = A_{i1-2} - \gamma_{сх} = 28^{\circ}28' - 0^{\circ}08' = 28^{\circ}20'$$

Таблиця 3.5

Варіант	Істинний азимут A_{i1-2}		Зближення меридіанів східне $\gamma_{сх}$		Варіант	Істинний азимут A_{i1-2}		Зближення меридіанів східне $\gamma_{сх}$	
	°	'	°	'		°	'	°	'
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	84	24	2	24	16	132	32	0	18
2	132	34	0	56	17	86	45	2	28
3	92	45	1	32	18	118	18	1	19
4	62	29	1	39	19	76	25	1	49
5	124	51	2	42	20	231	39	2	55
6	66	44	1	19	21	136	48	1	31
7	117	09	2	22	22	77	37	1	57
8	98	18	1	46	23	129	45	0	15

1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
8	98	18	1	46	23	129	45	0	15
9	67	42	0	41	24	51	15	1	49
10	94	31	0	51	25	77	31	2	28
11	72	35	1	42	26	123	21	2	08
12	118	24	2	16	27	35	05	1	44
13	74	31	1	46	28	126	33	2	12
14	165	38	0	44	29	25	25	0	11
15	88	15	1	53	30	55	35	0	52

Задача 3.5.

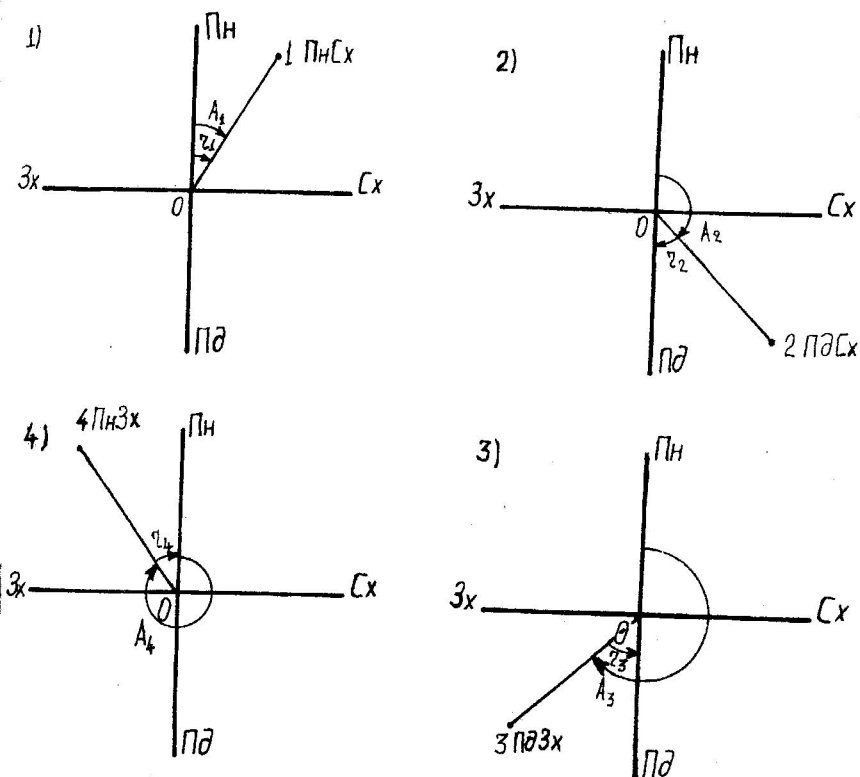


Рис.3.9. Залежність між азимутами і румбами

Визначити румби r_{1-2} (рис.3.9), якщо азимут напрямку $A_{1-2}=246^{\circ}20'$ (табл.3.6).

$$\text{ПДЗх } r_{1-2} = 246^{\circ}20' - 180^{\circ} = 66^{\circ}20'.$$

Таблиця 3.6

Варіант	Азимут A_{1-2}		Варіант	Азимут A_{1-2}		Варіант	Азимут A_{1-2}	
	°	'		°	'		°	'
1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	125	15	11	215	24	21	248	18
2	278	45	12	98	12	22	134	32
3	186	32	13	190	52	23	54	12
4	246	32	14	105	44	24	264	23
5	108	27	15	283	06	25	314	55
6	345	27	16	134	23	26	176	31
7	45	06	17	342	42	27	245	44
8	221	11	18	145	33	28	65	56
9	292	31	19	302	13	29	165	54
10	181	24	20	168	34	30	253	18

Задача 3.6.

Визначити зворотний дирекційний кут $\alpha_{1-2}^{ЗВ}$ (рис.3.10), якщо відомий прямий дирекційний кут $\alpha_{1-2}^{ПР} = 23^{\circ}46'$ (табл.3.7).

Прямий дирекційний кут відрізняється від зворотного на 180° , тому $\alpha_{1-2}^{ЗВ} = \alpha_{1-2}^{ПР} + 180^{\circ}$; $\alpha_{1-2}^{ЗВ} = 23^{\circ}46' + 180^{\circ} = 203^{\circ}46'$.

Знак (-) ставлять, коли $\alpha_{1-2}^{ПР} \geq 180^{\circ}$.

Таблиця 3.7

Варіант	Азимут		Варіант	Азимут		Варіант	Азимут	
	°	'		°	'		°	'
1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	124	25	11	23	15	21	246	56
2	287	34	12	234	46	22	65	06
3	87	19	13	134	45	23	118	38
4	178	28	14	287	17	24	321	55

1	2	3	1	2	3	1	2	3
5	253	34	15	356	52	25'	86	42
6	76	43	16	124	22	26	148	55
7	345	42	17	248	49	27	345	04
8	98	31	18	76	36	28	56	27
9	136	24	19	152	51	29	155	55
10	55	05	20	279	14	30	117	09

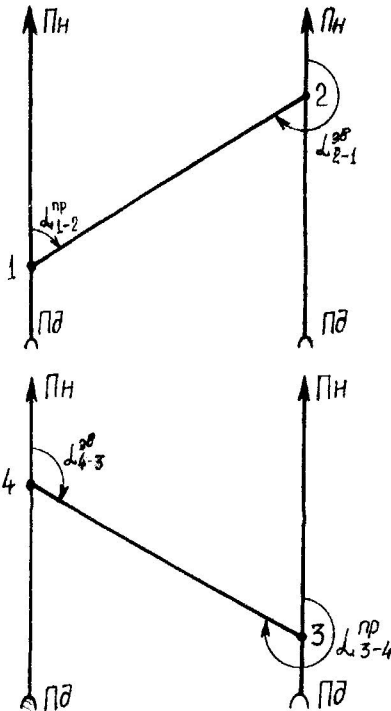


Рис.3.10. Залежність між прямими і зворотними дирекційними кутами.

Задача 3.7.

Відомий прямий румб лінії ПдСх r_{1-2} : $46^{\circ}20'$ (табл.3.8).
Визначити зворотний румб цієї ж лінії.

Прямий румб дорівнює зворотному за значенням кутової величини і протилежний за назвою (рис.3.11), тому зворотний румб лінії 1-2 буде ПЗСх r_{2-1} : $46^{\circ}20'$.

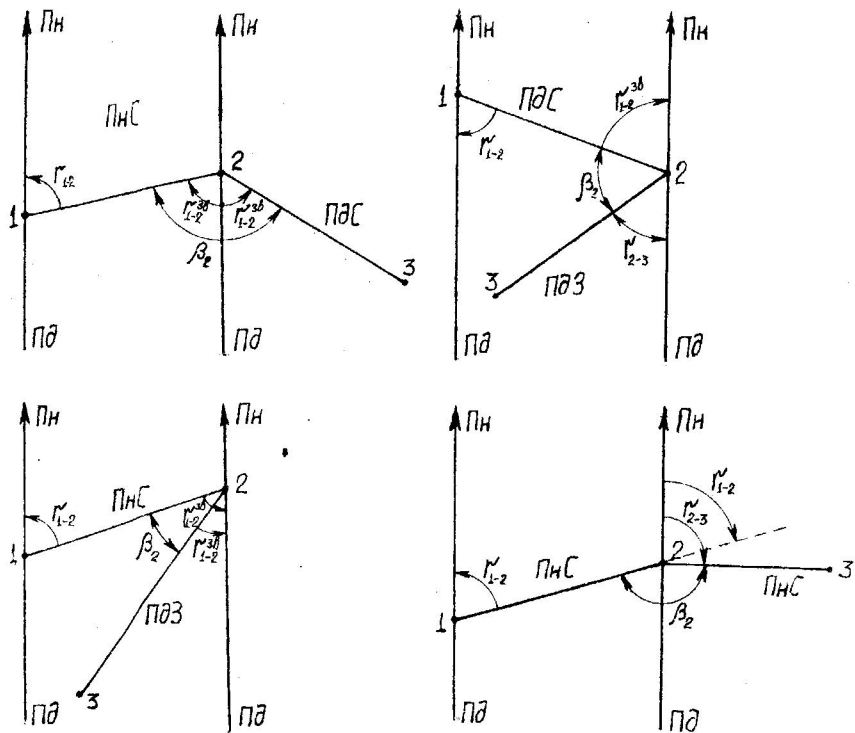


Рис.3.11. Залежність між прямим і зворотним румбами

Таблиця 3.7

Варіант	Прямий румб			Варіант	Прямий румб			Варіант	Прямий румб		
	Назва	°	'		Назва	°	'		Назва	°	'
1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	ПнС	26	26	11	ПдЗ	32	15	21	ПнЗ	48	11
2	ПдЗ	89	05	12	ПнЗ	45	34	22	ПдС	22	08
3	ПнЗ	32	11	13	ПнС	54	32	23	ПдС	77	52
4	ПдС	58	21	14	ПдС	17	25	24	ПнС	24	14
5	ПдЗ	87	34	15	ПнС	76	45	25	ПдС	36	24
6	ПдС	86	32	16	ПдС	45	12	26	ПдЗ	31	23
7	ПнС	10	24	17	ПнС	12	56	27	ПнЗ	30	42

1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
8	ПдЗ	86	55	18	ПдЗ	38	20	28	ПдС	57	34
9	ПдС	83	41	19	ПнЗ	40	12	29	ПнЗ	76	30
10	ПдС	32	11	20	ПдС	34	21	30	ПдС	33	50

Задача 3.8.

Визначити величину виміряного кута β_2 (рис.3.12.), який знаходиться праворуч, за ходом годинникової стрілки, теодолітного ходу, якщо відомі дирекційні кути напрямків $\alpha_{1-2}=18^\circ 45'$ та $\alpha_{2-3}=57^\circ 24'$ (табл.3.9).

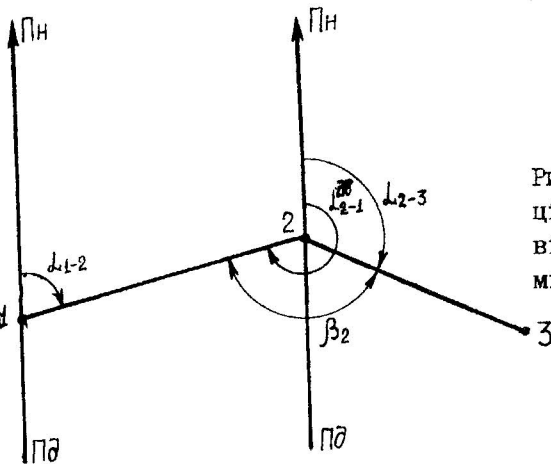


Рис.3.12.Залежність дирекційних кутів двох ліній від кута, який знаходиться між ними.

Виміряний кут: $\beta_2 = \alpha_{1-2} + 180^\circ - \alpha_{2-3} = 18^\circ 45' + 180^\circ - 57^\circ 24' = 141^\circ 41'$.

Таблиця 3.9

Варіант	α_{1-2}				Варіант	α_{2-3}				Варіант	α_{1-2}				α_{2-3}			
	°	'	°	'		°	'	°	'		°	'	°	'	°	'	°	'
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	243	52	187	13
1	45	27	22	30	11	124	30	196	24	21	243	52	187	13	265	43	23	04
2	123	35	276	09	12	234	56	125	32	22	106	25	76	37				
3	264	44	201	31	13	187	29	23	06	23								

1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
4	199	31	172	42	14	156	46	78	24	24	167	18	235	06
5	173	25	154	38	15	273	47	187	57	25	76	35	173	42
6	68	29	105	32	16	25	26	46	56	26	34	28	42	36
7	169	05	76	06	17	142	37	248	24	27	105	44	152	11
8	224	25	65	33	18	67	46	158	45	28	267	45	128	32
9	136	38	256	41	19	156	25	278	26	29	232	48	165	58
10	25	47	44	52	20	88	13	148	52	30	148	25	160	01

Задача 3.9.

Визначити дирекційний кут наступного напрямку теодолітного ходу α_{2-3} (рис.3.12.), якщо дирекційний кут попереднього напрямку $\alpha_{1-2}=54^{\circ}18'$ та вимірний за ходом годинникової стрілки правий внутрішній кут $\beta_2=80^{\circ}10'$ (табл.3.10).

$$\alpha_{2-3} = \alpha_{1-2} + 180^{\circ} - \beta_2$$

$$\alpha_{2-3} = 54^{\circ}18' + 180^{\circ} - 80^{\circ}10' = 154^{\circ}08'$$

Таблиця 3.10

Варіант	α_{1-2}				Варіант	β_2				Варіант	α_{1-2}				β_2			
	o	'	o	'		o	'	o	'		o	'	o	'	o	'	o	'
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5				
1	256	25	205	14	11	124	35	225	06	21	56	16	147	08				
2	128	32	32	38	12	297	39	276	11	22	69	28	201	42				
3	56	11	124	45	13	145	51	189	32	23	187	06	171	19				
4	216	41	265	28	14	78	45	67	23	24	286	55	184	24				
5	109	52	273	09	15	122	24	145	35	25	92	31	11	05				
6	172	41	64	21	16	198	38	105	25	26	116	04	117	45				
7	243	23	136	32	17	185	18	45	06	27	236	34	211	65				
8	136	35	124	21	18	156	32	187	35	28	154	51	189	23				
9	223	24	234	32	19	245	31	167	41	29	78	11	127	31				
10	116	05	156	39	20	78	25	90	41	30	221	10	345	06				

Задача 3.10.

Визначити кут β_2 , який лежить праворуч за ходом годинникової стрілки, теодолітного ходу (рис.3.11), якщо румби сторін, між якими він розташований, ПнС $\alpha_{1-2}:24^\circ30'$ та ПдС $\alpha_{2-3}:48^\circ25'$ (табл.3.11).

Для чотирьох випадків розташування сторін кута β_2 , який лежить праворуч, за ходом годинникової стрілки, теодолітного ходу, його обчислюють за залежностями:

1) коли другі складові в назві напрямків румбів однакові: ПнС та ПдС, ПнЗ та ПдЗ:

$$\beta_2 = \alpha_{1-2} + \alpha_{2-3} ;$$

2) коли перші складові в назві напрямків румбів однакові: ПдС та ПдЗ, ПнС та ПнЗ:

$$\beta_2 = 180^\circ - (\alpha_{1-2} + \alpha_{2-3}) ;$$

3) коли в назві напрямків румбів обидві складові різні: ПнС та ПдЗ, ПдС та ПнЗ:

$$\beta_2 = \alpha_{1-2} - \alpha_{2-3} ;$$

4) коли в назві напрямків румбів обидві складові однакові: ПнС та ПнС, ПдС та ПдС, ПнЗ та ПнЗ, ПдЗ та ПдЗ:

$$\beta_2 = 180^\circ - \alpha_{2-3} + \alpha_{1-2},$$

або

$$\beta_2 = 180^\circ - (\alpha_{2-3} - \alpha_{1-2}).$$

Оскільки відомі румби сторін теодолітного ходу, між якими знаходиться шуканий кут β_2 , мають однакові другі складові в назві напрямків ПнС та ПдС, то

$$\beta_2 = \alpha_{1-2} + \alpha_{2-3} = 24^\circ30' + 48^\circ25' = 72^\circ55'.$$

Таблиця 3.11

Варіант	Румб г1-2			Румб г2-3			Варіант	Румб г1-2			Румб г2-3		
	Назва	°	′	Назва	°	′		Назва	°	′	Назва	°	′
1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
1	ПнС	24	05	ПнС	15	14	16	ПнС	56	45	ПдС	34	11
2	ПнЗ	49	52	ПнЗ	32	41	17	ПдС	40	18	ПдЗ	10	41
3	ПдС	42	50	ПнЗ	26	42	18	ПдС	35	42	ПнЗ	78	24
4	ПдЗ	58	11	ПдЗ	89	25	19	ПнЗ	78	32	ПнС	85	01
5	ПнС	11	49	ПдС	71	35	20	ПдЗ	69	52	ПдС	68	53
6	ПдС	77	31	ПнЗ	9	15	21	ПнЗ	18	18	ПдС	35	05
7	ПнЗ	50	32	ПдС	44	12	22	ПдЗ	48	52	ПнЗ	56	39
8	ПдЗ	31	29	ПнС	62	27	23	ПдС	79	17	ПнС	6	52
9	ПдС	15	15	ПнЗ	49	25	24	ПнС	67	33	ПдЗ	44	51
10	ПнС	46	35	ПдС	74	12	25	ПнЗ	89	28	ПдЗ	52	08
11	ПнЗ	5	05	ПнС	82	08	26	ПдЗ	31	03	ПнЗ	28	18
12	ПдС	77	06	ПдС	31	56	27	ПдС	22	09	ПнС	47	35
13	ПнС	25	45	ПдЗ	54	23	28	ПнС	29	11	ПдС	33	39
14	ПдЗ	38	50	ПнС	85	45	29	ПдЗ	85	41	ПнЗ	87	21
15	ПнС	42	21	ПдС	11	23	30	ПнС	45	34	ПдС	33	50

Задача 3.11.

Відомі: значення азимута лінії $A_{BC} = 25^{\circ}21'$ і зближення меридіанів в точці В $\gamma = 1^{\circ}01'$. Обчислити дирекційні кути ліній α_{BC} і α_{CB} та румби цих напрямків. Визначити, в якій частині шестиградусної зони відносно осьового меридіана (система координат Гаусса-Крґгера) знаходиться лінія (табл.3.12).

$$\text{Дирекційні кути : } \alpha_{BC} = A_{BC} - (-\gamma) = 25^{\circ}21' + 1^{\circ}01' = 26^{\circ}22'$$

$$\alpha_{CB} = \alpha_{BC} + 180^{\circ} = 26^{\circ}22' + 180^{\circ} = 206^{\circ}22'$$

$$\text{Румби : ПнС } r_{BC} = \alpha_{BC} = 26^{\circ}22'$$

$$\text{ПдЗ } r_{CB} = \alpha_{CB} - 180^{\circ} = 206^{\circ}22' - 180^{\circ} = 26^{\circ}22'$$

Оскільки зближення меридіанів від'ємне, то лінія BC розташована на захід від осьового меридіана шестиградусної зони.

Таблиця 3.12

Варіант	Азимут $\alpha_{\text{вс}}$		Зближення ме- ридiанiв γ			Варіант	Азимут $\alpha_{\text{вс}}$		Зближення ме- ридiанiв γ		
	°	'	±	°	'		°	'	±	°	'
1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
1	127	06	+	0	12	16	346	10	-	1	58
2	213	23	-	3	21	17	134	51	+	0	51
3	72	15	+	1	45	18	251	23	-	1	34
4	326	41	-	1	34	19	195	05	+	2	12
5	189	62	+	0	36	20	118	39	-	0	28
6	273	54	-	2	12	21	352	44	+	1	27
7	26	39	+	2	56	22	293	16	+	0	45
8	319	27	+	1	14	23	157	57	+	2	24
9	201	18	-	2	05	24	89	25	-	1	12
10	35	47	+	0	23	25	304	38	+	1	08
11	334	56	-	2	42	26	162	51	-	0	47
12	223	33	+	1	57	27	281	46	-	0	33
13	49	48	-	2	12	28	325	34	+	1	39
14	107	42	+	0	48	29	173	09	-	0	54
15	268	29	-	1	23	30	28	27	+	2	36

Задача 3.12.

За відомим румбом ПнС $\alpha_{\text{вс}} = 68^{\circ}15'$, зближенням меридiанiв $\gamma = +1^{\circ}05'$ та скиленням магнiтної стрiлки $\delta = +6^{\circ}30'$ визначити дирекцiйний кут $\alpha_{\text{дв}}$ i магнiтний азимут $\alpha_{\text{мав}}$ лiнii АВ (табл.3.13).

Дирекцiйний кут $\alpha_{\text{дв}} = \text{ПнС}_{\text{таб}} = 68^{\circ}15'$

Магнiтний азимут (як видно з рис.3.13)

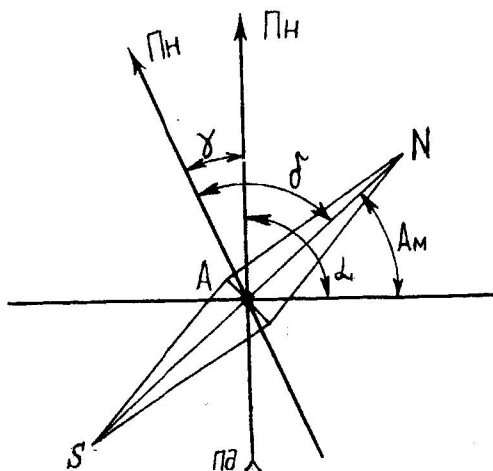
$$\alpha_{\text{мав}} = \alpha_{\text{дв}} + \gamma - \delta, \text{ або}$$

$$\alpha_{\text{мав}} = \alpha_{\text{дв}} - (\delta - \gamma) = 68^{\circ}15' - /+4^{\circ}15' - (+1^{\circ}05') / = 65^{\circ}05' .$$

Таблиця 3.13

Ва- рі- ант	Румб лінії Гав			Зближен- ня мери- діанів γ			Схилен- ня маг- нітної стрілки δ			Ва- рі- ант	Румб лінії Гав			Зближен- ня мери- діанів γ			Схилен- ня маг- нітної стрілки δ		
	Наз- ва	°	'	±	°	'	±	°	'		Наз- ва	°	'	±	°	'	±	°	'
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	ПдЗ	18	20	+	1	24	-	6	00	16	ПнС	84	21	+	1	29	+	7	30
2	ПнС	31	15	-	0	45	+	3	48	17	ПнЗ	76	15	-	2	33	-	6	25
3	ПдС	45	06	+	2	01	+	4	27	18	ПдС	62	18	-	2	08	-	4	24
4	ПнС	5	09	-	2	14	-	5	15	19	ПдЗ	54	21	-	1	01	+	6	30
5	ПнС	44	28	+	1	56	-	4	30	20	ПнЗ	89	19	+	0	58	-	5	38
6	ПдЗ	38	18	-	1	10	+	7	00	21	ПнС	75	01	-	1	42	-	4	18
7	ПнЗ	30	21	+	0	59	+	4	38	22	ПдЗ	69	11	-	1	55	-	4	25
8	ПнЗ	49	14	-	0	24	-	5	06	23	ПдС	34	18	+	2	37	-	4	05
9	ПдС	18	24	+	1	19	-	4	12	24	ПдЗ	25	01	-	2	49	+	6	29
10	ПдС	51	25	-	1	48	+	5	24	25	ПдС	5	10	+	2	02	+	7	20
11	ПнС	29	28	+	2	15	+	5	30	26	ПнС	11	37	+	1	56	+	5	30
12	ПдЗ	20	06	-	2	24	-	4	25	27	ПнС	12	42	-	1	25	+	5	22
13	ПнС	58	11	-	2	29	+	4	18	28	ПнЗ	29	31	+	2	37	-	4	38
14	ПдС	2	04	+	1	18	-	3	06	29	ПнЗ	88	30	-	0	36	-	4	21
15	ПдЗ	78	32	-	1	48	-	4	30	30	ПдС	76	32	-	0	48	+	8	32

Рис.3.13. Залежність між дирекційним кутом, азимутом і магнітним азимутом



Глава 4. ТОПОГРАФІЧНІ КАРТИ Й ПЛАНИ ТА РІШЕННЯ НА НИХ ІНЖЕНЕРНИХ ЗАДАЧ

4.1. Загальні відомості про карти й плани

Карти створені практичною діяльністю суспільства та йому зобов'язані своїм безперервним розвитком. Вони є чудесним засобом пізнання об'єктивного світу, оскільки відкривають для огляду всю нашу планету а також дозволяють відтворити реальну картину її окремих частин, що характеризують природу, населення, господарство й культуру. Карти необхідні для планування розвитку промисловості, транспорту, будівництва, сільського господарства.

Термін "карта" грецького походження й означає аркуш папіруса для написання.

Географічна карта - математично визначене узагальнене образно-знакове зображення земної поверхні на площині, що показує розміщення, стан і розв'язок різних природних та суспільних явищ, які відбираються і характеризуються у відповідності з призначенням конкретної карти.

Таким чином, карти створюють зоровий образ форми, величини й взаємного розташування об'єктів, дозволяють знаходити їх просторові образи: координати, довжини, площі, висоти та об'єми. Карти дають необхідні і ясні характеристики цих об'єктів, а також відтворюють існуючі між ними просторові зв'язки та ієрархічну підпорядкованість об'єктів.

В промисловому, транспортному й енергетичному будівництві карти використовуються як підґрунтя для вишукувань, проектування та переносу в натуру інженерного проекту. Найважливіші траси доріг та трубопроводів вишукуються за допомогою карт. Без карт неможливо виконати достовірну оцінку географічних умов для потреб економічного розвитку країни, дослідження раціонального використання природних багатств, розробки планів по перетворенню й вдосконаленню географічного середовища, раціонального розміщення виробничих сил.

Карти дозволяють отримувати нові знання, вивчати процеси розвитку й прогнозувати різноманітні явища.

Обов'язковими елементами географічної карти є математична ос-

нова, картографічне зображення, допоміжне оснащення й додаткові дані.

Математична основа визначається геометричними законами побудови та геометричними властивостями картографічного зображення й до неї належать картографічні проєкції, масштаб та опорна геодезична мережа.

Картографічне зображення включає інформацію про відображені на карті природні і соціально-економічні об'єкти, їх розміщення, властивості, зв'язки та розвиток. Елементами змісту карт є вода, рельєф, рослинність і ґрунти, населені пункти, шляхи сполучення й засоби зв'язку, політико-адміністративний поділ, елементи економіки й культури та інші.

Допоміжне оснащення призначене полегшувати роботу з картою і містить легенду з необхідним поясненням, картометричні графіки для вимірювання на карті відстаней, кутів, площ, координат точок, крутизни схилів та довідкові дані. До допоміжних елементів відносяться: назва карти, прізвище автора, дані про час та місце складання карти, назва видавництва, місце та рік видання.

Додаткові дані містять допоміжні карти й профілі, текстові й цифрові дані, діаграми й графіки, які пояснюють, доповнюють і збагачують картографічне зображення.

З метов вивчення й встановлення властивостей, що притаманні окремим видам карт, їх класифікують за тематикою, призначенням, масштабом, територією й прийомом дослідження явищ, що картографуються.

За тематикою карти класифікуються на загальногеографічні та тематичні. До загальногеографічних карт відносяться топографічні, обзорнотопографічні й обзорні. Тематичні карти підрозділяють на карти природних та суспільних явищ. Карти природних явищ бувають: загальні фізико-географічні; геологічні (стратеграфічні, тектонічні, гідрогеологічні, геохімічні, корисних копалин, сейсмічні та інші); географічні; рельєфа земної поверхні (гіпсометричні, батометричні, геоморфологічні та інші); метеорологічні; океанографічні; ґрунтові; ботанічні; тваринного світу.

Карти суспільних явищ бувають: населення (розміщення, складу, етнографії та інші); економічні (промисловості, сільського й лісового господарства, гідромеліоративні, транспорту, будівництва, за-

собів зв'язку, торгівлі, фінансів та інші); обслуговування (освіта, науки, культури, фізкультури й спорту, охорони здоров'я, туризму та інші); політичні й адміністративні; історичні.

За призначенням карти бувають для народного господарства й управління та освіти, науки та культури (навчальні, науково-довідникові, туристичні та інші).

В залежності від прийомів дослідження карти бувають аналітичні, синтетичні та комплексні. Аналітичні карти відображають окремі сторони або властивості явища без відображення зв'язків та взаємодії з іншими їх сторонами або властивостями (температури повітря, напрямку і сили вітру, опадів, крутизни схилів та інші). Синтетичні карти дають цілісну, інтегральну характеристику явищ, при формуванні яких враховуються складові частини конкретного явища та існуючі між ними зв'язки (ландшафтні карти, карти кліматичного та гідролого-кліматичного районування та інші).

За масштабом карти класифікують: крупномасштабні (1:200000 та більше; середньомасштабні (1:200000 - 1:1000000) й дрібномасштабні (менше 1:1000000).

Топографічна карта - це зменшене узагальнене зображення всієї земної поверхні або окремих її частин на площині, що побудоване за визначеними математичними правилами з урахуванням сферичності.

Топографічний план - це зменшене й подібне зображення на площині горизонтальних проекцій контурів і форм рельєфу місцевості без урахування сферичності Землі.

Профілем називають зображення на площині вертикального перерізу земної поверхні.

4.2. Масштаби топографічних планів та карт

Для зображення на поверхні проекцій ділянок місцевості їх зменшують у відповідне число разів.

Масштаб - відношення довжини відрізка на плані або карті до відповідної йому горизонтальної проекції на місцевості.

Чисельний масштаб - це дріб, чисельник якого одиниця, а знаменник - число, яке вказує на показник зменшення при зображенні на карті або плані. Наприклад, масштаб плану 1:10000 вказує, що горизонтальна проекція відрізка лінії місцевості зменшена на плані в

10000 разів, тобто 1 см на плані відповідає 10000 см на горизонтальній проекції місцевості. Чим менше знаменник чисельного масштабу, тим крупнішим вважається масштаб і навпаки. Числовий масштаб величина умовна і не залежить від системи лінійних мір.

Щоб при користуванні масштабами не виконувати розрахунків, замість числового масштабу використовують графічні масштаби, які бувають лінійні та поперечні.

Лінійний масштаб - графік, на якому відкладені відрізки, що відповідають визначеним відстаням на місцевості (рис.4.1), які називаються основою масштабу. Основу лінійного масштабу вибирають таких розмірів, щоб вона в даному чисельному масштабі виражала ціле й кратне число метрів на проекції місцевості. Ліву крайню основу лінійного масштабу ділять на декілька рівних частин, щоб відповідала зручним для користування кратним числам метрів або їх частин.

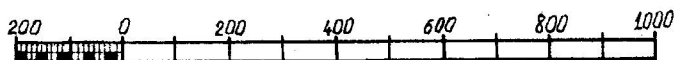


Рис.4.1. Лінійний масштаб

Для більшої точності побудови й вимірювання відрізків на плані або карті користуються поперечним масштабом.

Поперечний масштаб - це графічне зображення чисельного масштабу в вигляді номограми, що вигравіювана на металевій пластині або транспортірі (рис.4.2.). Для побудови поперечного масштабу на прямій лінії відкладають рівні відрізки, що їх приймають за основу масштабу. Ліву крайню основу, як правило, ділять на 10 рівних частин, цю частину приймають за десятку основи (n). Із точок основ масштабу вгору відкладають перпендикуляри довжиною, що рівна довжині основи, які, як правило, ділять на десять рівних між собою відрізків. Верхній лівий крайній відрізок, що рівний довжині основи, також ділять на 10 частин. Кінець похилої лівої крайньої основи з'єднують лінією з першим вліво від кінця верхнім лівим крайнім

відрізком, що рівний 1/10 частини основи. Паралельно до цієї лінії з'єднують другі відрізки за допомогою трансверсалей.

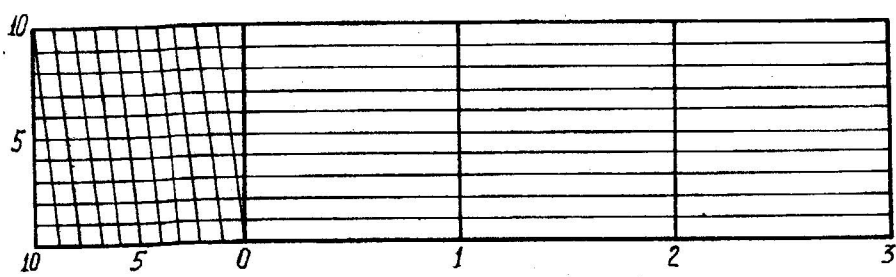


Рис.4.2. Поперечний масштаб

Найменше значення поділки поперечного масштабу рівно:

$$X = \frac{\delta}{m \cdot n}, \quad (4.1)$$

де δ - основа масштабу, n - число поділок на основі, m - число поділок висоти масштабу.

Граничні розміри предметів, які можна розрізнати на плані, визначаються точністю масштабу. Людське око може розрізнати на плані точку величиною не менше 0,1 мм. В зв'язку з цим за точність масштабу приймають відстань на місцевості, що відповідає в даному масштабі 0,1 мм плану або карти.

Топографічні плани складають в масштабі 1:200, 1:500, 1:1000, 1:2000, 1:5000, а топографічні карти загальнодержавного значення в масштабах 1:10000, 1:25000, 1:50000, 1:100000 та 1:200000.

Абсолютні значення точностей для різних числових масштабів планів й карт наведені в табл.4.1.

Таблиця 4.1 Точність планів та карт

Числовий масштаб	Точність масштабу, м	Числовий масштаб	Точність масштабу, м
1:200	0,02	1:10000	1,0
1:500	0,05	1:25000	2,5
1:1000	0,1	1:50000	5,0
1:2000	0,2	1:100000	10,0
1:5000	0,5	1:200000	20,0

4.3. Рельєф місцевості та його зображення на картах і планах

Земна поверхня не є площиною. Ділянки рівної місцевості навіть невеликих розмірів неможливо вважати плоскими, оскільки на них зустрічаються підвищення та поглиблення різної величини. Ці нерівності необхідно враховувати при проектуванні й будівництві споруд, доріг, інженерних мереж та інше.

Рельєф - це сукупність різноманітних за формою й розмірами нерівностей земної поверхні. Рельєф місцевості не є постійним. Під впливом сил, що діють всередині Землі, коливань температури, дії води, вітру й рослин та антропогенної діяльності з часом рельєф міняється. Тому заходи, що направлені на раціональне використання земної території, пов'язані з необхідністю періодичного вивчення рельєфу й відображенню його на картах, планах й профілях, на яких вони й проектуються.

Форми рельєфу класифікують на угнуті або вгнуті. До випуклих форм відносяться курган, пагорб, горб, гора, сідловина, хребет, плато; а до вгнутих - яр, балка, ложина, долина, ущелина, улоговина тощо.

Курган - це ізольоване, розміщене на рівнині підвищення висотою до 50 м з різко вираженою підшовою.

Горб - це окреме куполоподібне або конічне підвищення висотою до 100 м з різко вираженою підшовою.

Пагорб - окреме невелике конічне або куполоподібне підвищення висотою, що перевищує 200 м, з пологими схилами й нерізко вираженою підшовою.

Гора - ізольоване підвищення з висотою більше 200 м з явно вираженими й порівняно крутими схилами. Елементами гори є вершина, схили й підшва.

Сідловина - пониження між двома сусідніми гірськими вершинами або підвищеннями, що нагадує за своєю формою сідло.

Хребет - гірське підвищення, що має порівняно значну довжину, з крутими схилами по обидві сторони. Елементами хребта є вододіл, що проходить по найбільш високим точкам хребта; перевал - пониження на профілі водорозділу; два схили хребта.

Плато - плоске широке підвищення, що обмежене крутими схилами.

Яр - різко виражене поглиблення на рівнині, що витягнуте в одному напрямку, з крутими схилами й тимчасово діючими водотоками.

Валка - поглиблення, яке більше ніж яр, з пологими схилами, як правило, вкрите рослинністю.

Лощина - невелике поглиблення з дуже пологими схилами, що поступово переходять в рівнину. Тальвег - лінія, що з'єднує найнижчі точки лощини й має уклон в одному напрямку.

Долина - вироблене річкою пониження, що витягнуте в одному напрямку, з явно вираженими схилами.

Ущелина - вузька скалиста долина з схилами, що зходяться до низу.

Улоговина - витягнуте пониження на земній поверхні, що обмежене з усіх боків або розміщене між гірськими ланцюгами.

В залежності від абсолютного значення висот та їх вза'ємного розміщення місцевість буває рівнинною, горбистою та гірською. На рівнинній місцевості крутизна схилів мало помітна, відсутні різко виражені нерівності, а її окремі точки мають незначні відносні висоти. Гірська місцевість характеризується сукупністю понижень та підвищень висотою більше 200 м та різко вираженими крутими схилами.

Рельєф місцевості на планово-картографічних матеріалах зображають за допомогою відповідних умовних знаків, що повинні відповідати таким умовам: детально й точно показувати розміщення всіх форм його нерівностей, що характеризують розчленованість та поступність місцевості; забезпечувати визначення висот окремих точок місцевості й перевищення даних точок над іншими; напрямом схилів та їх крутизну; наглядно зображувати рельєф, щоб найбільш ясніше уявляти дійсний ландшафт місцевості.

На сучасних топографічних картах і планах рельєф зображують горизонталями, що доповнюються абсолютними позначками та бергштрихами. Спосіб горизонталей для зображення рельєфа земної поверхні запропонував в 1791 році Жан Діпен-Тріель для побудови карти Франції. Цей спосіб найбільш об'єктивний, простий для використання, дозволяє геометрично найбільш точно передати форму рельєфа та відобразити його особливості.

Горизонталь - це слід від перетину фізичної поверхні Землі рівневою поверхнею, тобто замкнута крива лінія, що зображує гео-

метричне місце точок земної поверхні з однаковими висотами.

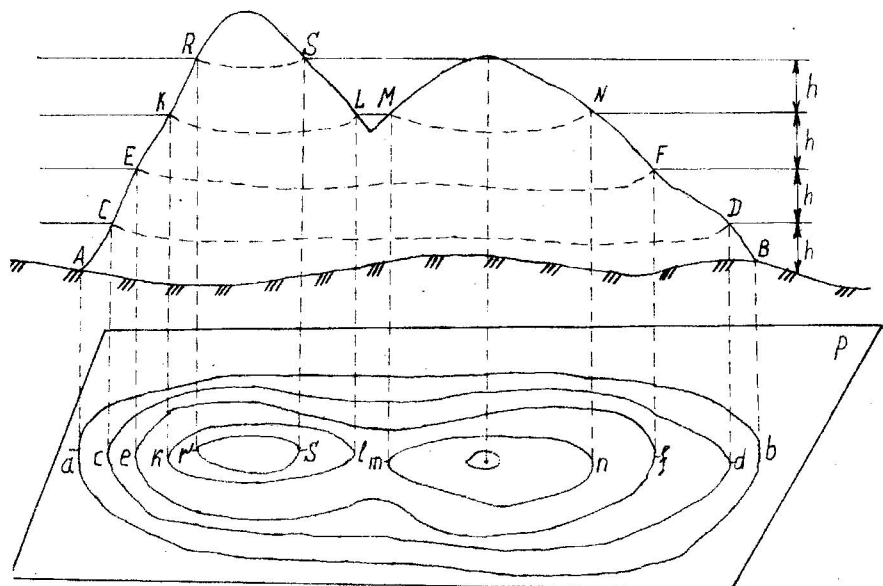


Рис.4.3. Суть зображення рельєфу горизонталями

На рис.4.3. показано побудову горизонталей на невеликій ділянці, для якої рівневу поверхню можна прийняти за площину. Січні площини RS, KLMN та CD паралельні до початкової площини AB, а відстань між ними однакова. Криві лінії rs, mn, kl, cd, ab є слід від перетину січними площинами земної поверхні, тобто горизонталі.

Висота перерізу рельєфу – це відстань між сусідніми горизонталями по прямовисній лінії (h).

Закладання – це відстань між сусідніми горизонталями в плані (d').

Властивості горизонталей: а) горизонталі замкнуті криві лінії; б) горизонталі не можуть перетинатися; в) чим менше відстань між горизонталями на карті даного масштабу, тим крутіше схил на місцевості та навпаки.

В залежності від масштабу карти й характеру рельєфу висоти перерізу бувають 0,25 ; 0,5 ; 1,0 ; 2,0 ; 5,0 та 10 м.

Положення горизонталей на топографічному плані або карті визначають графічним чи аналітичним інтерполлюванням.

Інтерполювання - це визначення горизонталей в інтервалі між точками з відповідними позначками. На плані виконують інтерполювання між відомими парами точок з відомими позначками, а потім з'єднують плавними кривими лініями точки, що мають однакові висоти.

Мірою крутизни схилів є уклон, який виражається через тангенс кута нахилу:

$$i = \operatorname{tg} \nu = h / d', \quad (4.2)$$

де ν -кут нахилу; h -висота перерізу; d' -закладання.

Крутизну схилу визначають за допомогою спеціального графіка, що називається масштабом закладання.

4.4. ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ ДО ГЛАВИ 4 "ТОПОГРАФІЧНІ КАРТИ І ПЛАНИ"

Доповнити визначення

- 4.1. Зменшене узагальнене відображення земної поверхні, яке побудоване за визначеним математичним законом (законом картографічних проєкцій)...
- 4.2. Географічні карти за призначенням бувають...
- 4.3. Карта, на якій з можливою повнотою і точністю показана ситуація і рельєф місцевості,...
- 4.4. Зменшене і подібне зображення на аркуші горизонтальних проєкцій, контурів і форм рельєфу місцевості без урахування сферичності Землі...
- 4.5. Відношення довжини лінії на карті або плані до горизонтальних проєкцій цієї ж лінії на місцевості...
- 4.6. Графічні позначення, за допомогою яких на картах показано місце розташування предметів або контурів, а також їх якісні та кількісні характеристики,...
- 4.7. Рельєф на місцевості зображають на планах і картах...
- 4.8. Зображення на площині вертикального перерізу земної поверхні...
- 4.9. За масштабом карти діляться на...
- 4.10. На топографічних картах для визначення географічних та прямолінійних координат точок побудована...

- 4.11. Паралелі та меридіани, які нанесені через кожну мінуту широти і довготи по всій площині карти,...
- 4.12. Лінії, що проведені паралельно до осей прямокутних координат, відстань між якими в залежності від масштабу приймається кратною цілому числу кілометрів, утворюють...
- 4.13. Масштаби діляться на...
- 4.14. Дріб, чисельник якого одиниця, а знаменник - число, що вказує, в скільки разів горизонтальні відстані на місцевості перебільшують довжину зменшення при зображенні на карті (плані),...
- 4.15. Відрізок прямої, розділений на рівні частини, які віднесені відповідно до горизонтальних відстаней, що визначені на місцевості,...
- 4.16. Географічне зображення числового масштабу у вигляді номограми...
- 4.17. Найменша відстань, яку може розпізнати нормальне око на плані,...
- 4.18. Відстань на місцевості, яка відповідає відрізку 0,1 мм в наведеному масштабі плану чи карти,...
- 4.19. Система розграфки і позначення окремих листів багатоаркушних карт...
- 4.20. За основу розграфки і номенклатури топографічних карт прийнято аркуш карти масштабу...
- 4.21. Аркуш карти масштабу 1:1000000 для подальшого визначення номенклатури по паралелях ділиться на ряди через..., а по меридіанах - на колони через...
- 4.22. Номенклатура аркуша топографічної карти масштабу 1:1000000 складається з...
- 4.23. Умовні знаки, які використовують на топографічних картах і планах для зображення предметів, що за наведеним масштабом на плані перетворюються в точку або лінію (стовб, або криниця), тобто розміри яких менше точності масштабу плану або карти, що задана...
- 4.24. Умовні знаки, що їх доповнюють позамасштабними і масштабними значками і цифровими величинами, які характеризують предмети (глибина або швидкість течії річки та інші),...
- 4.25. Сукупність різних за формою нерівностей земної поверхні...
- 4.26. Рельєф на планах і картах зображують...
- 4.27. Замкнена крива лінія, яка зображає геометричне місце точок

- земної поверхні з однаковими висотами...
- 4.28. Відстань між сусідніми горизонталями у вертикальній площині...
- 4.29. Відстань між сусідніми горизонталями в плані...
- 4.30. Відстань по прямовисній лінії від точки, що задана, до рівневої поверхні...
- 4.31. Характерні форми рельєфу...
- 4.32. Ізольована та розташована на рівнині височина, яка досягає 50 м і має різко виражену підощву,...
- 4.33. Окрема круглоподібна або конічна височина, яка досягає від 50 до 100 м і має різко виражену підощву,...
- 4.34. Окреме невеличке підвищення висотою до 200 м, яке має пологий схил і нерізко виражену підощву,...
- 4.35. Найнижча точка котловини...
- 4.36. Ізольоване підвищення конічної форми з висотою більше 200 м, яке має чітко виражений і порівняно крутий схил,...
- 4.37. Зниження між двома сусідніми горними вершинами або підвищеннями, яке нагадує за формою сідло,...
- 4.38. Плоске широке підвищення, яке обмежене крутими схилами...
- 4.39. Сідловина в горах називається,...
- 4.40. Різко виражене поглиблення на рівнині, яке розтягнуто в одному напрямі, з крутими схилами,...
- 4.41. Поглиблення більш круте, ніж яр, з пологими схилами, які найчастіше вкриті рослинністю...
- 4.42. Невелике поглиблення з пологими схилами, які поступово переходять у рівнину,...
- 4.43. Лінія, яка з'єднує найнижчі точки ложини або долини і яка має схил в одному напрямку,...
- 4.44. Випрацьоване різке пониження, яке витягнуте в одному напрямку і часто має явно виражений схил,...
- 4.45. Угнуте пониження поверхні різної величини і форми (чашеподібне, блюдцеподібне)...
- 4.46. Найвища точка гори...
- 4.47. Бокова поверхня гори...
- 4.48. Нижча частина гори...
- 4.49. Вузька складиста долина з крутими схилами і вузьким звивистим дном...

- 4.50. Невелика горизонтальна площадка на схилі...
- 4.51. За рельєфом місцевість розділяють на...
- 4.52. Кут, що утворений напрямком схилу і горизонтальною його проекцією площини,...
- 4.53. Величина, яка характеризує стрімкість схилу лінії,...
- 4.54. Для зображення крутизни схилів користуються...
- 4.55. Предмети місцевості, які зображають на плані в масштабі з дотриманням їх дійсних розмірів та форм,...
- 4.56. Умовні знаки, якими зображаються на плані предмети з дотриманням їх дійсних розмірів та форм,...

4.5. ЗАДАЧІ ДО ГЛАВИ 4 "ТОПОГРАФІЧНІ КАРТИ І ПЛАНИ.МАСШТАБИ"

Задача 1.1.

Вказати точність масштабу 1:50000 (табл.4.2).

Точність масштабу 1:100 складає 0,01м. Відповідно точність масштабу 1:50000 буде $0,01 \cdot 50000 : 100 = 5\text{м}$.

Таблиця 4.2

Варіант	Масштаб	Варіант	Масштаб	Варіант	Масштаб
1	2	1	2	1	2
1	1:100	11	1:500	21	1:10000
2	1:200	12	1:2000	22	1:25000
3	1:500	13	1:100	23	1:5000
4	1:1000	14	1:5000	24	1:50000
5	1:2000	15	1:100000	25	1:200
6	1:5000	16	1:25000	26	1:500
7	1:10000	17	1:200	27	1:1000
8	1:25000	18	1:50000	28	1:100
9	1:50000	19	1:1000	29	1:2000
10	1:100000	20	1:10000	30	1:100000

Задача 1.2.

Масштаб плану 1:2500. Визначити довжину лінії на місцевості в метрах, яка відповідає 1 см довжини лінії на плані (табл.4.3).

Для розв'язання цієї задачі знаменник числового масштабу необхідно зменшити в 100 разів, для того, щоб виразити його в метрах, які відповідають 1 см плану: $2500:100=25$ см

Таблиця 4.3

Варіант	Масштаб	Варіант	Масштаб	Варіант	Масштаб
1	2	1	2	1	2
1	1:500	11	1:100	21	1:25000
2	1:2500	12	1:200	22	1:5000
3	1:100	13	1:500	23	1:200
4	1:50000	14	1:1000	24	1:10000
5	1:10000	15	1:2000	25	1:50000
6	1:1000	16	1:2500	26	1:100
7	1:200	17	1:5000	27	1:2000
8	1:2000	18	1:10000	28	1:1000
9	1:25000	19	1:25000	29	1:500
10	1:5000	20	1:50000	30	1:1000000

Задача 4.3.

Довжина лінії на місцевості 183,45 м. Визначити, якою буде її довжина на плані масштабу 1:5000 з точністю 0,1 мм (табл.4.4)

Для масштабу 1:5000 в 1 см - 50 м.

Довжина лінії на плані тоді:

$$183,45 : 50 \text{ см} = 36,7 \text{ мм.}$$

Таблиця 4.4

Варіант	Довжина лінії на місцевості м	Масштаб	Варіант	Довжина лінії на місцевості м	Масштаб
1	2	3	1	2	3
1	54,32	1:100	16	154,32	1:10000
2	38,25	1:200	17	286,10	1:50000

1	2	3	1	2	3
3	14,16	1:500	18	11,02	1:500
4	125,64	1:1000	19	4,58	1:100
5	76,82	1:5000	20	31,19	1:100
6	264,18	1:10000	21	6,49	1:200
7	281,27	1:25000	22	37,92	1:5000
8	842,11	1:50000	23	125,09	1:1000
9	76,28	1:200	24	8,05	1:500
10	24,31	1:200	25	214,31	1:2500
11	5,46	1:100	26	125,32	1:50000
12	24,82	1:5000	27	70,86	1:25000
13	121,92	1:10000	28	25,01	1:10000
14	78,27	1:2500	29	10,47	1:500
15	53,42	1:1000	30	3,01	1:200

Задача 4.4.

Довжина лінії на плані 4,31 см. Масштаб плану 1:2000.
Визначити довжину лінії на місцевості (табл.4.5).

Оскільки 1см плану в масштабі 1:2000 відповідає 20 м на місцевості, тому довжина лінії на місцевості буде:

$$4,31 * 20 = 86,2 \text{ м.}$$

Таблиця 4.5

Варіант	Довжина лінії на плані м	Масштаб плану	Варіант	Довжина лінії на плані м	Масштаб плану
1	2	3	1	2	3
1	48,2	1:500	16	2,1	1:50000
2	25,3	1:1000	17	1,4	1:10000
3	1,0	1:10000	18	14,8	1:5000
4	21,3	1:100	19	29,6	1:200
5	5,2	1:50000	20	5,7	1:500
6	12,7	1:200	21	9,4	1:1000

Продовження табл.4.5

1	2	3	1	2	3
7	28,3	1:2000	22	25,2	1:10000
8	6,6	1:5000	23	48,1	1:25000
9	31,5	1:1000	24	21,3	1:1000
10	42,7	1:2000	25	52,7	1:500
11	61,3	1:100	26	6,5	1:5000
12	12,4	1:500	27	10,1	1:2000
13	37,8	1:2000	28	18,3	1:200
14	5,4	1:10000	29	45,6	1:100
15	3,2	1:5000	30	11,8	1:1000

Задача 4.5.

Визначити числовий масштаб плану, якщо довжина лінії на плані становить $d_{пл} = 4,8$ см, а визначена довжина лінії на місцевості $d_{м} = 24$ м (табл.4.6)

$$\text{Масштаб плану } M = \frac{d_{пл}}{d_{м}} = \frac{6,8}{2400} = \frac{1}{2400:6,8} = \frac{1}{500}$$

Числовий масштаб плану: $M = 1:500$

Таблиця 4.6

Варіант	Довжина лінії на плані, см.	Довжина лінії на місцевості, см	Варіант	Довжина лінії на плані, см.	Довжина лінії на місцевості, см
1	2	3	1	2	3
1	5,2	104	16	6,8	13,6
2	1,4	700	17	5,7	370
3	2,5	12,5	18	4,2	21
4	3,1	310	19	2,3	115
5	7,0	175	20	1,8	36
6	6,0	300	21	10,1	101
7	3,5	17,5	22	5,0	125
8	2,1	52,5	23	2,6	130
9	3,8	76	24	3,7	74

1	2	3	1	2	3
10	10,1	50,5	25	6,4	640
11	5,5	110	26	6,1	305
12	4,2	42	27	3,4	340
13	2,8	280	28	4,8	480
14	3,1	155	29	8,2	41
15	2,4	240	30	7,5	750

Задача 4.6.

На плані масштабу 1:2000 площа ділянки дорівнює 12,6 см².

Визначити її площу на місцевості в Га (гектарах).

Для масштабу 1:2000-1 см плану відповідає 20 м на місцевості, а 1 см² плану відповідає 20²=400 м²=0,04 Га, тоді 12,6*0,04 = 0,504 Га.

Площа майданчика на місцевості - 0,504 Га.

Таблиця 4.7

Варіант	Масштаб плану	Площа майданчика на ₂ плані см ²	Варіант	Масштаб плану	Площа майданчика на ₂ плані см ²
1	3	2	1	3	2
1	1:1000	26,44	1	1:2000	6,37
2	1:2000	5,38	2	1:5000	10,01
3	1:5000	4,26	3	1:5000	9,05
4	1:10000	10,36	4	1:5000	3,24
5	1:5000	8,11	5	1:10000	8,05
6	1:1000	35,81	6	1:2000	19,37
7	1:1000	8,07	7	1:1000	29,53
8	1:2000	12,36	8	1:5000	7,39
9	1:5000	9,84	9	1:1000	18,01
10	1:1000	2,01	10	1:2000	24,37
11	1:1000	47,26	11	1:1000	6,55
12	1:5000	4,31	12	1:5000	7,03
13	1:1000	5,64	13	1:5000	4,92
14	1:2000	8,08	14	1:2000	3,02
15	1:2000	4,31	15	1:1000	25,05

Задача 4.7.

За наведеним масштабом вказати приклад номенклатури аркуша карти (Табл.4.9)

Основу номенклатури карт складає аркуш географічних карт масштабу 1:1000000 з розмірами зовнішньої рамки : за довготою 6° та за широтою - 4°.

Відомості про розміри окремих аркушів топографічних карт в залежності від їх масштабу та відповідно номенклатура карт наведені в таблиці 4.8.

Таблиця 4.8

Масштаб карт	К-ть аркушів карти в одному аркуші карти вихідного масштабу	Номенклатура останнього аркуша карти	Розмір рамки		Відстань між кілометровими лініями	
			по широті	по довготі	на карті см	на місцевості км
1:1000000	1	N37	4°	6°	1	10
1:500000	4	N37	2°00'	3°	2	10
1:100000	144	N37-144	0°20'	0°30'	2	2
1:50000	4	N37-144-Г	10'	15'	2	1
1:25000	4	N37-144-Г-Г	5'	7'30''	4	1
1:10000	4	N37-144-Г-Г-4	2'30''	3'45''	10	1
1:5000	256	N33-144-(256)	1'15''	1°52'5"	10	0,5
1:2000	9	N37-144-(256)	25''	37''5'	10	0,2

Таблиця 4.9

Варіант	Масштаб	Варіант	Масштаб	Варіант	Масштаб
1	2	1	2	1	2
1	1:100000	11	1:2000	21	1:200000
2	1:200000	12	1:50000	22	1:100000
3	1:50000	13	1:200000	23	1:50000
4	1:10000	14	1:100000	24	1:5000000
5	1:25000	15	1:10000	25	1:25000
6	1:50000	16	1:500000	26	1:100000

Продовження табл. 4.9

1	2	1	2	1	2
7	1:2000	17	1:25000	27	1:2000
8	1:100000	18	1:2000	28	1:5000
9	1:5000	19	1:1000000	29	1:200000
10	1:1000	20	1:5000	30	1:100000

ГЛАВА 5. РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ НА ТОПОГРАФІЧНИХ КАРТАХ
І ПЛАНАХ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ СПОРУД

5.1 ВИЗНАЧЕННЯ ВІДСТАНЕЙ ПО КАРТІ

Довжину ліній між двома точками на карті можна визначити з різною точністю, використовуючи числовий, лінійний і поперечний масштаби та за допомогою курвіметра. Наприклад:

1. Потрібно визначити довжину лінії між точками 212,8 (6812) і 171,3 (6713) на карті У-34-37-Б-в-4 масштабу 1:10000.

Числовий масштаб карти 1:10000. Отже, 1 см на карті відповідає 10000 см або 100 м на місцевості.

Горизонтальна проекція довжини лінії на місцевості

$$d = l * m \quad (5.1)$$

де l - довжина відрізка на карті, см; m - значення числового масштабу карти.

Довжина відрізка на карті між заданими точками дорівнює 10,4 см. Тоді довжина лінії на місцевості, що її знайшли за формулою (5.1),

$$d = 10,4 * 10000 = 104000\text{см} = 1040\text{м} = 1,04\text{км}$$

2. Для прискорення переходу від вимірних довжин ліній на карті до відповідних відстаней на місцевості користуються лінійним і поперечним масштабами. Лінійний масштаб наведено на кожній топографічній карті.

Потрібно визначити горизонтальну проекцію довжини лінії між точками 156,9 (6511) і 140,5 (6612).

Для визначення горизонтальної проекції довжини лінії між заданими точками розмахом циркуля-вимірника охоплюють відстані на карті між точками 156,9 (6511) і 140,5 (6612). Потім за допомогою лінійного масштабу (див. рис.5.1.) обчислюють шукану величину, яка дорівнює 655 м.

Якщо відстань на карті перебільшує розмір лінійного масштабу, тоді слід цю відстань розділити на складові: одна частина яких

дорівнює відстані d_1 - 1000 метрів (розмір лінійного масштабу, який наведений внизу карти), а друга відповідає розмаху циркуля-вимірника, який охоплює домір d_2 .

В цьому випадку остаточно вимірена відстань

$$d = d_1 + d_2 \pm 5\text{ м.}$$



Рис.5.1. Визначення горизонтальної проєкції довжини лінії за допомогою лінійного масштабу 1:10000.

3. Для підвищення точності роботи на карті використовують поперечний масштаб (див. рис.5.2), який дозволяє визначити відстань на карті або плані з точністю $\pm 0,1$ мм в масштабі карти.

Розмахом циркуля-вимірника, що дорівнює відрізьку між двома точками на карті, встановлюють його на поперечному масштабі (див.рис.5.2.) так, щоб права голка була розміщена на одній із вертикалей, а ліва - на одній із похилих ліній (трансверсаль) крайньої лівої основи. Обидві голки циркуля-вимірника повинні розміщуватись на одній горизонтальній лінії масштабу.

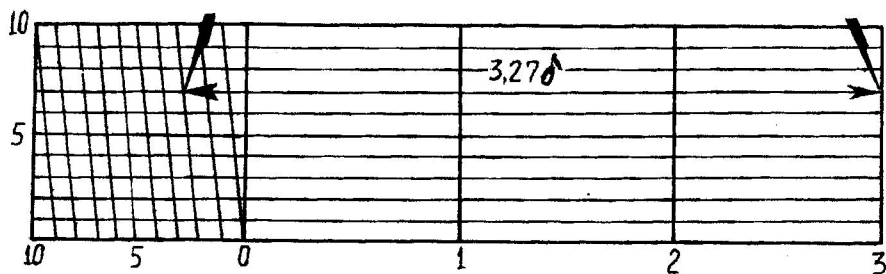


Рис.5.2. Визначення горизонтальної проєкції лінії за допомогою поперечного масштабу.

Горизонтальна проекція лінії, яка обчислена за допомогою поперечного масштабу,

$$d = l * \delta, \quad (5.2)$$

де l - довжина лінії на плані, см; δ - поділка основи поперечного масштабу.

Для даного прикладу горизонтальна проекція довжини лінії на місцевості

$$d = 3,27 * 200 = 654 \text{ м.}$$

4. Довжину звивистих ліній (доріг, рік та ін.) визначають з допомогою курвіметра, який прокочують по завивистій лінії. Відліки знімають з точністю до 0,1 поділки шкали курвіметра. Вимірювання виконують двічі і обчислюють значення кількості поділок курвіметра. Середнє значення множать на ціну поділки в масштабі і одержують довжину лінії (табл.5.1).

Обчислення довжини звивистої лінії за допомогою курвіметра

Таблиця 5.1

Лінія	Відліки		Різниця відліків, м	Середнє значення різниці відліків	Ціна поділки	Довжина лінії м
	Початковий, м	Кінцевий, м				
р.Белічка	11,3	21,9	10,6	10,5	100	1050
	23,8	34,2	10,4			

Точність визначення довжини лінії курвіметром 0,005 м масштабу плану. Тоді довжина р.Белічки 1050±5 м.

5.2. ОБЧИСЛЕННЯ ГЕОГРАФІЧНИХ КООРДИНАТ ТОЧКИ

В географічній системі координат за початок відліку прийнято площину екватора земного еліпсоїда і Грінвіцького меридіана.

Географічні координати точки 153,8 (6512), а саме, її широту L , знаходять, використовуючи мінутну рамку, на якій крім мінутних поділок нанесені точками 10-секундні поділки (див.рис.5.3.).

Через точку 153,8 (6512) проводять лінію В, яка паралельна

нижній стороні рамки карти, і дійсний меридіан L , який паралельний вертикальній стороні рамки карти (див.рис.5.3.). Від заданої точки 153,8 (6512) на південь і захід проводять кратні 10 секунд паралель B , та меридіан L_1 . З точки 153,8(6512) опускають перпендикуляри і вимірюють відрізки ΔB та ΔL .

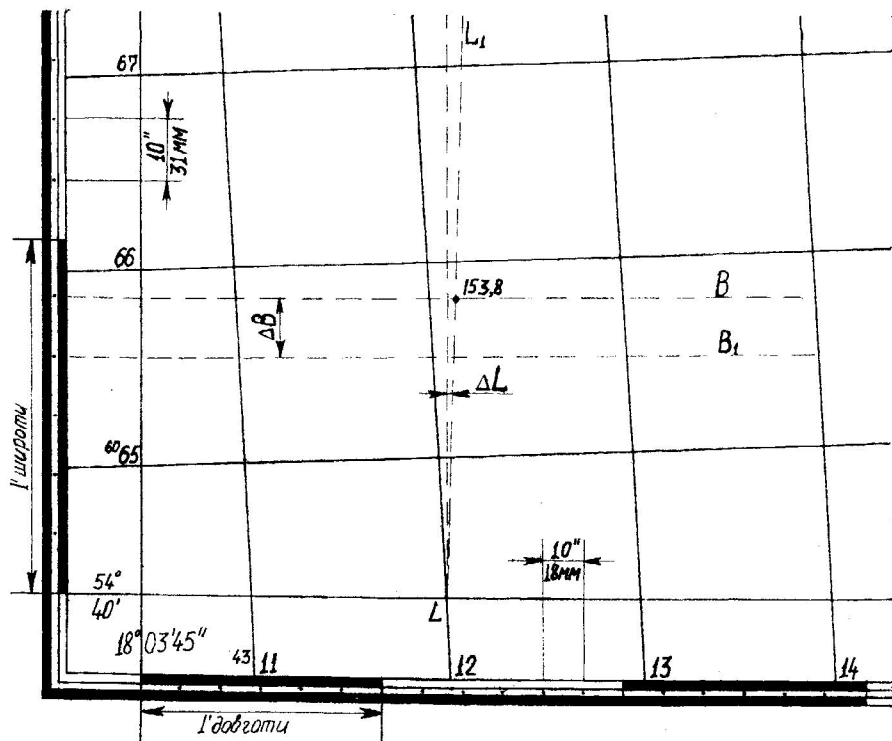


Рис.5.3. Визначення географічних координат точки.
Широта точки 153,8 (6512)

$$B = B_1 + \Delta B * 10'' / a, \quad (5.3)$$

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

Довгота точки 153,8 (6512)

$$L = L_1 + \Delta L * 10'' / b , \quad (5.4)$$

де L_1 - довгота західного меридіана, проведеного через 10-секундний інтервал, градуси, мінути і десятки секунд; ΔL - довжина перпендикуляра - приріст від проведеного на захід від точки меридіана, мм; b - 10-секундна поділка довготи, мм.

Довжину перпендикулярів ΔB , ΔL та 10-секундних поділок широти і довготи вимірюють за допомогою циркуля-вимірника і масштабної лінійки з точністю до ± 1 мм в масштабі плану.

Шукані географічні координати точки 153,8(6512):

$$\text{- широта } B = 54^{\circ}40'40'' + 30 * 10'' / 31 = 54^{\circ}40'50'';$$

$$\text{- довгота } L = 18^{\circ}05'10'' + 6 * 10'' / 8 = 18^{\circ}05'18''.$$

5.3. ОБЧИСЛЕННЯ ПРЯМОКУТНИХ КООРДИНАТ ТОЧКИ

Для обчислення прямокутних координат точки 153,8 (6512) знаходять квадрат, окреслений лініями координатної кілометрової сітки, в якому розташована точка (рис.5.4.).

З точки 153,8 (6512) опускають перпендикуляри ΔX та ΔY на лінії координатної кілометрової сітки і за допомогою циркуля-вимірника і масштабної лінійки обчислюють їх довжину на місцевості.

Прямокутні координати точки:

$$X = X_k + \Delta X , \quad (5.5)$$

$$Y = Y_k + \Delta Y , \quad (5.6)$$

де X_k , Y_k - координати південно-західного кута квадрата кілометрової сітки, в якому розміщена точка, м; ΔX , ΔY - довжина перпендикулярів, м.

Шукані прямокутні координати точки 153,8 (6512):

$$\text{- абсциса } X = 606500 + 665 = 6065665 \text{ м};$$

$$\text{- ордината } Y = 4312000 + 142 = 4312142 \text{ м}.$$

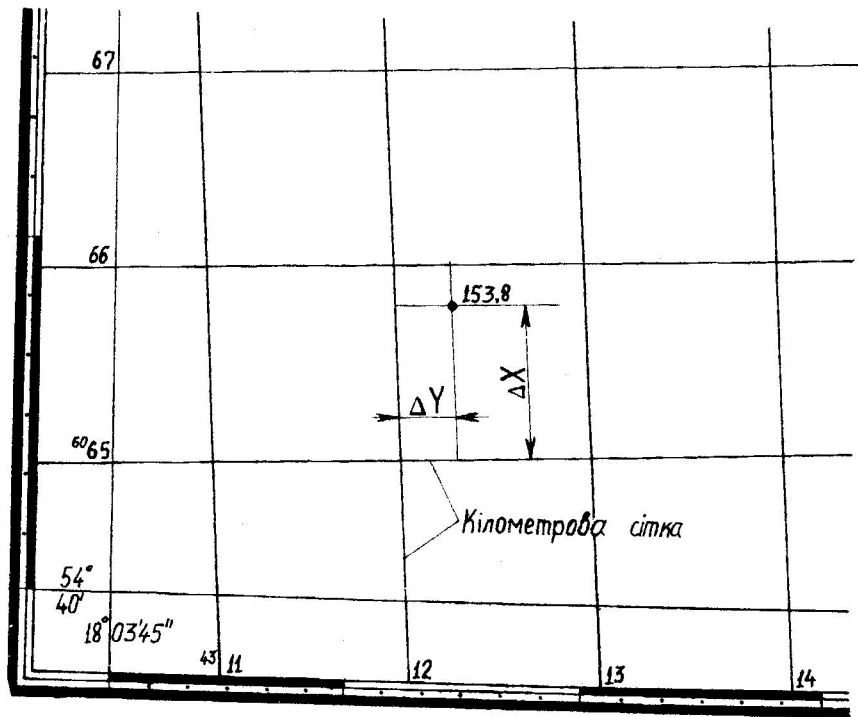


Рис.5.4. Визначення прямокутних координат точки

Це означає, що точка 153,8 (6512) знаходиться в четвертій зоні на північ від екватора на 6065565 м, віддалена на захід від осьового меридіана на $312142 - 500000 = 187858$ м.

5.4. НАНЕСЕННЯ НА КАРТУ ПУНКТУ ЗА ВІДОМИМИ КООРДИНАТАМИ

Задачі розв'язують, використовуючи географічну і прямокутну системи координат, які існують на топографічних картах. Вихідні дані для нанесення пункту на карту - географічні (В, L) і прямокутні (X, Y) координати.

1. Наприклад, потрібно нанести на карту пункт з географічними координатами $B = 54^{\circ}41'27''$ та $L = 18^{\circ}06'04''$.

Спочатку знаходять приблизне місцезросташування пункту на кар-

ті. Для цього значення географічних координат округлюють до цілих десятків секунд ($B=54^{\circ}41'20''$ та $L=18^{\circ}06'00''$). Користуючись мінотною сіткою і 10-секундними інтервалами на рамці топографічної карти, на карту наносять приблизне місцезрештування пункту з точністю до $10''$. З'єднують прямими лініями одноіменні значення округлених 10-секундних інтервалів.

Відстань по меридіану від пункту з відомими географічними координатами до ближньої південної паралелі, прокресленої через 10-секундний інтервал,

$$\Delta B = a * (B - B_1) / 10'', \quad (5.7)$$

де B - широта заданого пункту, градуси, мінути, секунди; B_1 - широта південної паралелі, проведеної через інтервал $10''$, градуси, мінути, десятки секунд; a - довжина відрізка на карті, що відповідає інтервалу $10''$ по широті, мм; $a = 31$ мм;

$$\Delta B = 31(54^{\circ}41'27'' - 54^{\circ}41'20'') / 10'' = 21,7 \text{ мм}$$

Відстань по паралелі від пункту з відомими координатами до найближчого західного меридіана, мм

$$\Delta L = b(L - L_1) / 10'', \quad (5.8)$$

де L - довгота заданого пункту, градуси, мінути, секунди; L_1 - довгота західного меридіана, який проведено через інтервал $10''$, градуси, мінути, десятки секунд; b - довжина відрізка на карті, що відповідає інтервалу $10''$ по довготі, мм; $b=18$ мм

$$\Delta L = 18(18^{\circ}06'04'' - 18^{\circ}06'00'') / 10'' = 7,2 \text{ мм.}$$

З допомогою циркуля-вимірника і масштабної лінійки від широти південної паралелі, проведеної через інтервал $10''$, відкладають в масштабі карти відрізок ΔB , а від довготи західного меридіана, проведеного через інтервал $10''$ - відрізок ΔL . В точці перетину цих відрізків на карті одержують місцезрештування шуканого пункту з відомими географічними координатами.

2. Наприклад, потрібно нанести на карту пункт з прямокутними координатами $X = 6065585$ м, та $Y = 4311890$ м.

За цілими значеннями (км) прямокутних координат ($X=6065$ та $Y=4311$) установлюють квадрат кілометрової сітки, в якому розміщений шуканий пункт (6511). Обчислюють різницю між відомими прямокутними координатами (X, Y) і найближчими значеннями координат південно-західного кута квадрата (6511) координатної кілометрової сітки (X_0, Y_0), в якому розміщений шуканий пункт:

$$\Delta X = X - X_0, \quad (5.9)$$

$$\Delta Y = Y - Y_0, \quad (5.10)$$

де $\Delta X, \Delta Y$ - різниці між координатами відповідно по осі абсцис і осі ординат, м:

$$\Delta X = 6065585 - 6065000 = 585 \text{ м};$$

$$\Delta Y = 4311890 - 4311000 = 890 \text{ м}.$$

З допомогою циркуля-вимірника і масштабною лінійкою в квадраті (6511) на його південній і північній сторонах від західної абсциси відкладають відрізок ΔY , а на західній і східній сторонах від південної і північної ординат - відрізок ΔX . Через одержані точки проводять прямі лінії. В перетині ліній одержують місце розташування шуканого пункту з відомими прямокутними координатами.

5.5. ОБЧИСЛЕННЯ ДИРЕКЦІЙНОГО КУТА І РУМБА ЗАДАНОГО НАПРЯМУ

Напрямок на місцевості або карті обчислюють відносно початкового напрямку, за який приймають справжній (географічний) і магнітний меридіани, осьовий меридіан зони або лінію, паралельну йому. В залежності від прийнятого початкового напрямку положення лінії на карті встановлюють з допомогою справжнього або магнітного азимутів, румба і дирекційного кута.

Залежність між дирекційними кутами і румбами наведена в табл.3.1 стор. 59 та на рис.5.5.

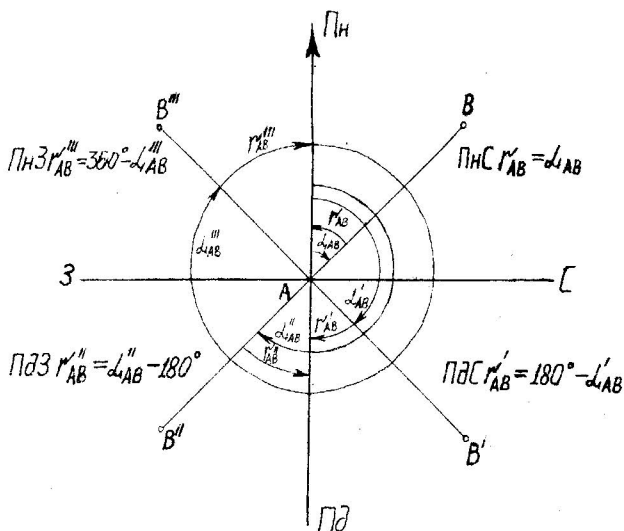


Рис.5.5. Залежність між дирекційними кутами та румбами

Справжні магнітні азимуті, дирекційні кути і румби напрямів обчислюють аналітично і графічно за допомогою геодезичного транспортира, використовувачи інформацію, наведену на карті.

Потрібно обчислити дирекційний кут і румб з точки 153,8 (6512) на джерело з позначкою 144,3 (6513).

Суть аналітичного способу обчислення дирекційного кута така. За відомими координатами точок (X_1, Y_1) та (X_2, Y_2) обчислюють тангенс румба

$$\operatorname{tg} r_{12} = (Y_2 - Y_1) / (X_2 - X_1) = \Delta Y / \Delta X, \quad (5.11)$$

$$\operatorname{tg} r_{12} = \frac{4313400 - 4312142}{6065080 - 6065665} = \frac{+1258}{-585} = 2,15.$$

За знаками приростів координат ΔY та ΔX та за значенням $\arctg(\Delta Y / \Delta X)$ визначають напрямок та значення r_{12} .

Для наведеного прикладу це ПДС $\cdot r_{12}:65^\circ 04'$

Дирекційний кут заданого напрямку:

$$\alpha_{12} = 180^\circ - \tau_{12} = 180^\circ - 65^\circ 04' = 144^\circ 56' .$$

При графічному способі дирекційний кут вимірюють безпосередньо на карті за допомогою транспортира. Для цього через точку 153,8 (6512) проводять лінію АВ, паралельну кілометровій сітці (рис.5.6). Прикладають до точки 153,8 (6512) нуль транспортира і суміщують його нульовий діаметр з проведеною лінією АВ. За ходом стрілки годинника від північного напрямку лінії АВ відлічують дирекційний кут α_{AB} . Якщо напрям лежить в третій і четвертій чвертях, то до відліку по транспортиру додають 180° .

Дирекційний кут шуканого напрямку дорівнює $\alpha_{AB}=115^\circ$, а румб ПдС: 65° .

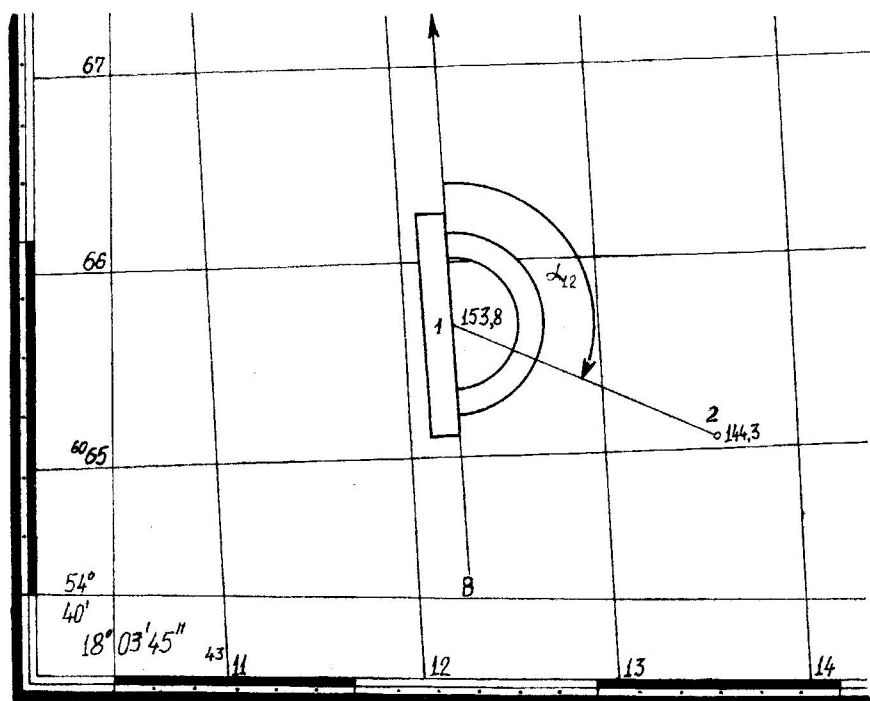


Рис.5.6. Визначення дирекційного кута графічним способом

5.6. ОБЧИСЛЕННЯ ГЕОГРАФІЧНОГО І МАГНІТНОГО АЗИМУТІВ

Напрямок магнітного і справжнього меридіанів не співпадають на величину кута, що називають схиленням магнітної стрілки,

$$A = A_m \pm \delta, \quad (5.12)$$

де A - справжній азимут від 0° до 360° ; A_m - магнітний азимут від 0° до 360° ; δ - схилення магнітної стрілки: східне схилення "-" і західне схилення "+".

Потрібно обчислити справжній і магнітний азимут точки 153,8 (6512) на точку з позначкою 144,3(6513).

При графічному способі обчислення географічного меридіана безпосередньо вимірюють кут на карті за допомогою геодезичного транспортера. З цієї метою з'єднують дві точки напрямом прямою лінією (рис.5.7.). Потім через одну із точок напрямом проводять лінію меридіана СД, що пройде паралельно західній стороні рамки карти. Прикладають нуль транспортера до точки 153,8(6512) і суміщують його нульовий діаметр із лінією СД. За ходом стрілки годинника відлічують від північного напрямку справжній азимут A_{12} .

Географічний азимут заданого напрямку дорівнює $A_{12} = 112^\circ 30'$.

При графоаналітичному способі обчислення географічного азимута спочатку графічно вимірюють дирекційний кут заданого напрямку на карті. Потім географічний азимут обчислюють за формулою, яка враховує зближення меридіанів:

$$\text{-при східному зближенні } A = \alpha + \gamma_c, \quad (5.13)$$

$$\text{-при західному зближенні } A = \alpha - \gamma_z, \quad (5.14)$$

де γ_c , γ_z - кути зближення меридіанів, значення яких визначають за допоміжного графіка на карті.

Географічний азимут заданого напрямку

$$A_{12} = 115^\circ - 2^\circ 22' = 112^\circ 38'.$$

Магнітний азимут заданого напрямку обчислюють за формулою, яка враховує схилення магнітної стрілки:

$$\text{-при східному схиленні } A_m = A - \delta_c, \quad (5.15)$$

$$\text{-при західному схиленні } A_m = A + \delta_z, \quad (5.16)$$

де δ_c, δ_z - схилення магнітної стрілки, значення якого визначають із допоміжного графіка під південною рамкою карти.

Магнітний азимут заданого напрямку

$$Am_{12} = A_{12} - \delta_c = 112^{\circ}38' - 6^{\circ}12' = 106^{\circ}26'$$

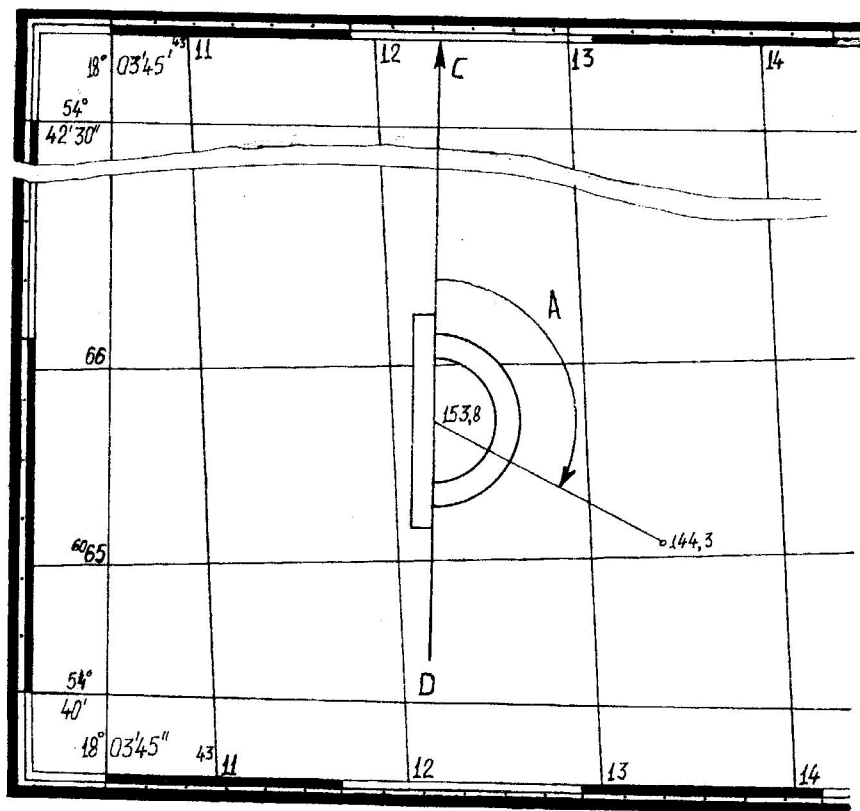


Рис.5.7. Визначення географічного азимута графічним способом

5.7. РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧ ЗА ДОПОМОГОЮ ГОРИЗОНТАЛЕЙ

5.7.1. ОБЧИСЛЕННЯ ПОЗНАЧКИ ТОЧКИ

Потрібно обчислити позначку точки на карті з відомими координатами. Точка може розміщуватись на горизонталі, між горизонталями

з різними або однаковими позначками, в середині замкнутої горизонталі (рис.5.8.).

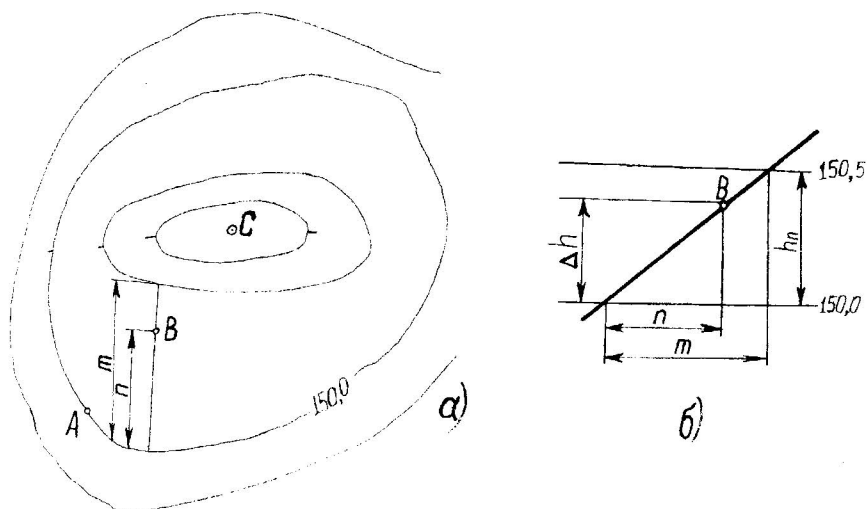


Рис.5.8. Визначення позначок точок:

- а) - розташування точок А, В та С,
- б) - визначення перевищення точки В над горизонталлю

Якщо точка А розміщена на горизонталі, позначка точки Н_А дорівнює позначці горизонталі, тобто Н_А = 150,00 м.

Якщо точка В (рис.5.8,б) розміщена між горизонталлями, то її позначка, м,

$$H_B = H_1 + \Delta h, \quad (5.17)$$

де Δh - перевищення точки над горизонталлю, м,

$$\Delta h = (H_2 - H_1) * n / m, \quad (5.18)$$

H_1, H_2 - позначки сусідніх горизонталей, обчислені на карті за підписаними горизонталлями в залежності від висоти перерізу рельєфу місцевості і напрямків берштрихів, м; n - відстань від точки до горизонталі з меншою позначкою, мм; m - відстань між суміжними

горизонталями, мм.

Перевищення точки В: $\Delta h = (152,5 - 150,0) \cdot 15 : 20 = 1,88$ м; а її позначка $H_B = 150,00 + 1,88 = 151,88$ м.

Позначка точки С (рис.5.8,а), що розміщена в середині замкнутої горизонталі НС або між горизонталями з однаковими позначками, м

$$H_C = H_1 + 0,5 \cdot h_n, \quad (5.19)$$

де h_n - висота перерізу між горизонталями, м, яка додається, якщо точка розміщена на вершині горба, і віднімається, якщо точка розміщена на дні котловини.

Позначка шуканої точки

$$H_c = 155,00 + 0,5 \cdot 2,5 = 156,25 .$$

5.7.2. ОБЧИСЛЕННЯ КРУТИЗНИ СХИЛУ

Крутизна схилу характеризується двома показниками - уклоном і та кутом нахилу ν , які обчислюють за допомогою формули

$$i = \operatorname{tg} \nu = h_n / d, \quad (5.20)$$

де d - закладання, тобто відстань між суміжними горизонталями в плані, м.

$$\text{Найбільша крутизна схилу} \quad i_{\max} = h_n / d_{\min} \quad (5.21)$$

$$\text{Найменша крутизна схилу} \quad i_{\min} = h_n / d_{\max} \quad (5.22)$$

де d_{\min} , d_{\max} - відповідно найменше і найбільше закладання між суміжними горизонталями при однаковій висоті перерізу h_n .

Крутизну схилу можна обчислити також графічно з допомогою графіка закладання, який розміщений за рамкою топографічної карти (рис.5.9.,а).

Потрібно обчислити крутизну схилу, найбільший і найменший уклони (рис.5.9,б).

Циркулем-вимірником вимірюють відстань між суміжними горизонталями на карті (рис.5.9,б). Відповідну відстань за допомогою циркуля-вимірника переміщують уздовж основи графіка закладання (рис.5.9,а) доти, доки верхня точка не досягне кривої. По шкалі

закладання відлічують крутизну схилу, яка в прикладі дорівнює $v = 2,4$.

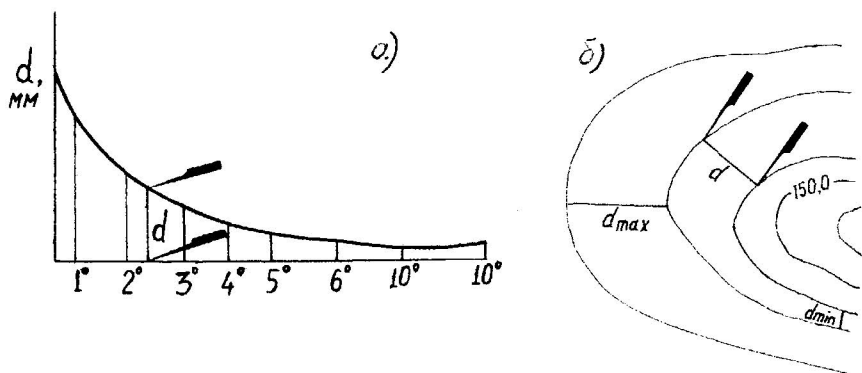


Рис.5.9. Обчислення крутизни схилу: а) - графік закладання; б) - визначення відстаней між горизонталями

При графоаналітичному способі визначення крутизни схилу за допомогою циркуля вимірника і масштабної лінійки вимірюють найбільше d_{max} і найменше d_{min} закладання в метрах і визначають крутизну схилу:

- найбільшу - $i_{max} = h_n / d_{min} = 2,5 / 50 = 0,05$;
- найменшу - $i_{min} = h_n / d_{max} = 2,5 / 250 = 0,01$.

5.7.3. ПОБУДОВА ПРОФІЛЯ ЗАДАНОГО НАПРЯМУ

Профіль - це зменшене зображення вертикального розрізу місцевості за заданим напрямом. Для найвиразнішого зображення рельєфу і забезпечення компактності рисунка він будується у двох масштабах - горизонтальному, який дорівнює масштабу карти, і вертикальному - 1:100 або 1:200.

Потрібно побудувати профіль за напрямом між точками 153,8 (6512) та 144,3 (6513). Побудову виконують в такій послідовності.

З'єднують на топографічній карті пункти 153,8 (6512) та 144,3

(6513) прямою лінією і нумерують точки перетину її з горизонталями (рис.5.10).

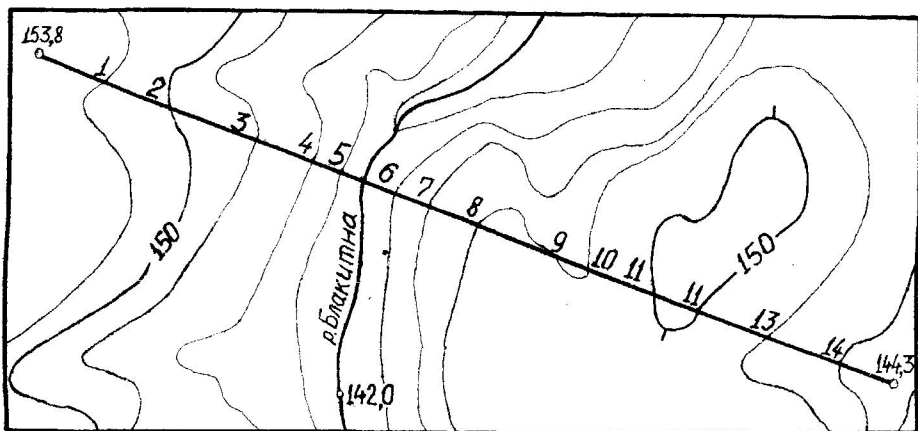


Рис.5.10. Заданий напрям на топографічній карті
На міліметровці будують боковини профілів з графами "Позначки", "Відстані" та "Точки" (рис.5.11.).

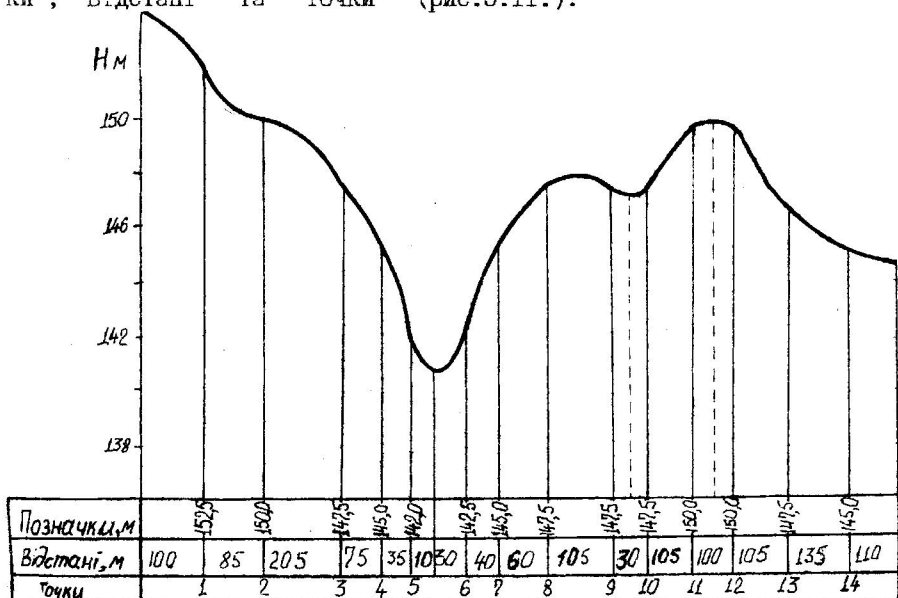


Рис.5.11. Повздовжній профіль заданого напрямку

За допомогою циркуля-вимірника вимірюють відстань між точками перетину горизонталей з лінією, яка з'єднує два пункти. Вимірні відстані переносять у графу "Відстані" в горизонтальному масштабі карти 1:10000. У графі "Позначки" проти відповідних точок записують їх позначки. Креслять лінію умовного горизонту, яку в прикладі приймають на 4м нижче мінімальної у заданому напрямі позначки.

Будують рейку вертикального масштабу $M_v=1:200$. Над усіма точками перетину лінії заданого напрямку з горизонталями, вододілами і тальвегами будують перпендикуляри. На перпендикулярах відкладають у вертикальному масштабі (1:200) позначки горизонталей і характерних точок рельєфу. З'єднують одержані точки плавною кривою і одержують профіль заданого напрямку (рис.5.11.).

5.8. ПІДРАХУНОК ОБСЯГІВ ЗЕМЛЯНИХ РОБІТ

Потрібно підрахувати обсяг земляних робіт на ділянці, обмеженій фізичною поверхнею, криволінійною вертикальною поверхнею, що проходить по межі ділянки, і рівнинною поверхнею.

Обсяг земляних робіт на ділянці, рельєф якої зображений на плані горизонталями,

$$V = \sum_{i=1}^n S_{ci} * h_n, \quad (5.23)$$

де S_{ci} - середня площа між суміжними горизонталями, m^2

$$S_{ci} = 0,5 * (S_{i+1} + S_i) \quad (5.24)$$

тут S_i, S_{i+1} - відповідно площі, обмежені суміжними горизонталями

h_n - висота перерізу рельєфу, м.

Площу, обмежену горизонталями, m^2 , визначають за допомогою планіметра

$$S_i = c(U_2 - U_1) \quad (5.25)$$

де U_2, U_1 - відповідно кінцевий і початковий відліки за планіметром;

c - ціна поділки планіметра, м²/поділку.

Обсяг земляних робіт підраховують табличним способом або за алгоритмом, розробленим для ЕОМ.

5.9. ВСТАНОВЛЕННЯ НОМЕНКЛАТУРИ АРКУША КАРТИ

Номенклатура карти або плана - це система розграфлювання і позначення карт і планів.

Потрібно визначити номенклатуру аркуша карти масштабу 1:10000, на якому розміщена точка з геодезичними координатами: північна широта $B = 50^{\circ}01'26''$, східна довгота $L = 47^{\circ}09'09''$.

Спочатку встановлюють номенклатуру аркуша карти масштабу 1:1000000, на якому розміщена шукана точка (рис.5.12.). За широту визначають назву пояса, а за довготу - номер колони. Номенклатура аркуша карти масштабу 1:1000000 буде М-38, що має геодезичні координати кутів рамки трапеції 48° та 52° північної широти і 42° та 48° східної довготи.

Діленням аркуша карти М-38 масштабу 1:1000000 по широті $20'$ та довготі $30'$ на 144 частини одержують аркуш карти масштабу 1:100000 (рис.5.13.,а). За значенням широти і довготи точки визначають номенклатуру аркуша карти масштабу 1:100000, яка буде М-38-71.

Діленням аркуша карти М-38-71 масштабу 1:100000 по широті $10'$ і довготі $15'$ на чотири частини одержують аркуш карти масштабу 1:50000 (рис.5.13.,б). За значенням широти та довготи точки установлюють номенклатуру аркуша карти масштабу 1:50000, яка буде М-38-71-В.

Діленням аркуша карти М-38-71-В масштабу 1:50000 по широті $5'$ та довготі $7'30''$ на чотири частини одержують аркуш карти масштабу 1:25000 (рис.5.13.,в), номенклатура якого для шуканої точки буде М-38-71-В-г.

Діленням аркуша карти М-38-71-В-г масштабу 1:25000 по широті $2'30''$ і довготі $3'45''$ на чотири частини одержують аркуш карти масштабу 1:10000 (рис.5.13.,д), номенклатура якого для шуканої точки буде М-38-71-В-г-з.

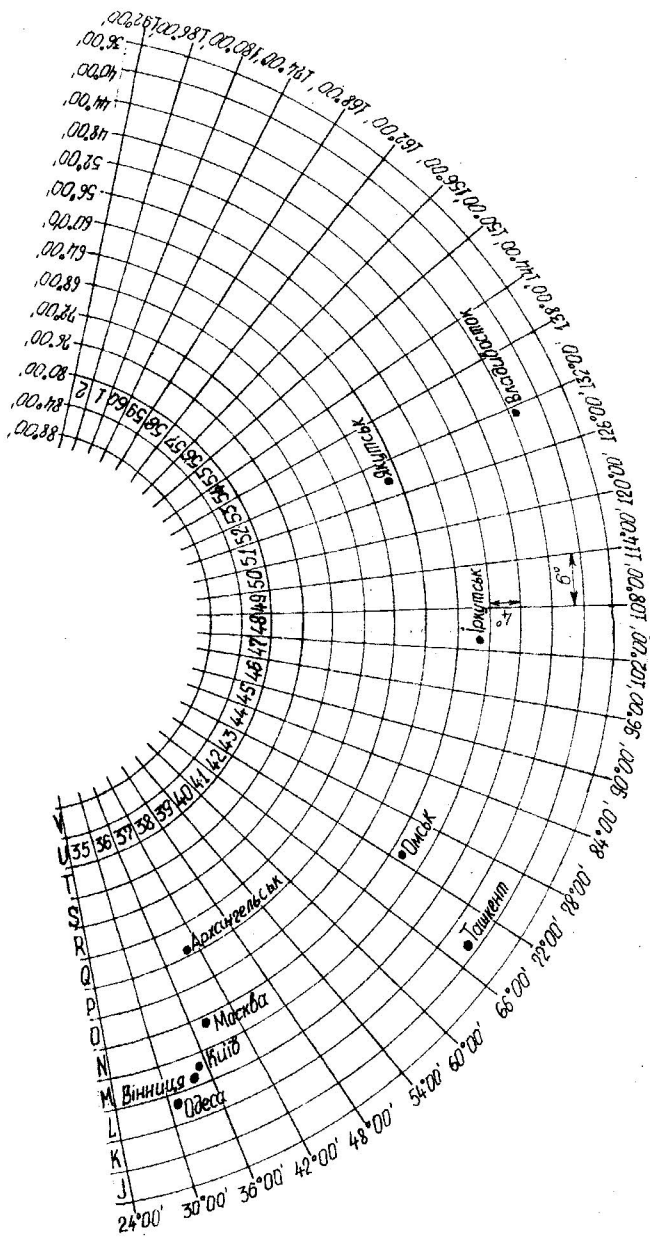


Рис. 5.12. Розграфка аркуша карти 1:1000000.

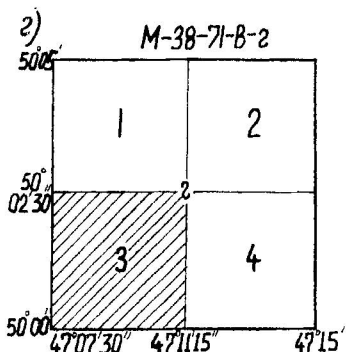
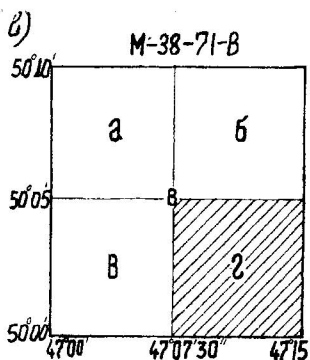
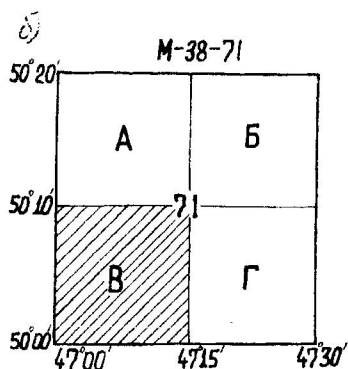
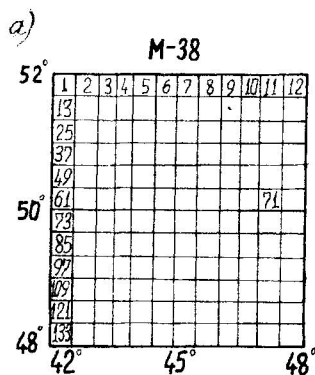


Рис.5.13. Установлення номенклатури аркуша карти масштабу 1:10000
 а,б,в,г-аркуш карти масштабів відповідно 1:1000000,
 1:100000, 1:50000 та 1:25000

5.10. ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ ДЛЯ СРС ДО ГЛАВИ 5: РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧ НА ТОПОГРАФІЧНИХ КАРТАХ І ПЛАНАХ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ СПОРУД

5.1. Дослідження точності визначення довжини лінії між двома точками різними способами (за вихідними даними таблиці 5.2).

Таблиця 5.2

Вари- ант	Місцезположення точки		Координати точки	
	А	В	Широта	Довгота
1	2	3	4	5
1	142,7(6613)	152,3(6614)	52°15"30/	57°19"36/
2	141,2(6613)	152,3(6614)	57°10"20/	59°10"20/
3	155,7(6412)	144,0(6514)	56°09"49/	48°09"24/
4	140,5(6612)	155,7(6412)	48°27"44/	35°19"46/
5	153,8(6512)	155,7(6412)	49°29"56/	37°24"12/
6	153,0(6412)	147,3(6513)	50°21"47/	39°38"26/
7	141,2(6613)	149,7(6612)	54°28"37/	40°21"57/
8	146,4(6514)	151,8(6513)	53°29"18/	41°26"18/
9	189,1(6811)	212,8(6812)	44°32"25/	54°48"36/
10	205,6(6811)	203,0(6812)	47°56"11/	32°24"05/
11	160,6(6611)	166,2(6710)	53°08"19/	24°57"49/
12	144,9(6613)	142,7(6612)	51°39"24/	31°47"22/
13	131,4(6511)	159,7(6411)	50°45"32/	39°18"56/
14	211,4(6812)	177,5(6713)	49°41"05/	27°56"31/
15	145,0(6513)	149,7(6612)	57°14"32/	37°24"48/
16	152,7(6613)	140,9(6513)	43°31"18/	32°14"26/
17	167,0(6510)	156,9(6511)	45°18"24/	38°56"01/
18	150,2(6711)	201,3(6712)	50°40"29/	33°25"31/
19	151,3(6713)	212,8(6812)	46°27"47/	45°51"16/
20	160,6(6611)	166,2(6710)	47°39"04/	39°11"28/
21	164,0(6713)	144,9(6612)	43°08"42/	35°08"29/
22	140,9(6513)	146,3(6614)	45°56"31/	47°34"17/
23	156,2(6612)	164,0(6713)	42°21"08/	38°21"35/
24	171,3(6713)	143,0(6613)	45°31"24/	29°17"48/
25	156,9(6813)	177,5(6713)	52°54"50/	49°21"08/
26	144,9(6613)	151,8(6513)	51°08"29/	23°13"08/
27	148,1(6512)	159,3(6413)	50°06"25/	39°06"11/
28	152,1(6413)	159,7(6411)	49°27"14/	37°48"32/
29	137,5(6713)	134,4(6710)	45°31"26/	38°51"14/
30	155,7(6412)	140,9(6513)	46°38"49/	32°01"58/

5.2. Обчислити геодезичні координати точки А і точки В, місцєрозташування яких задано в таблиці 5.2.

5.3. Обчислити прямокутні координати точок А і В, місцєрозташування яких наведено в таблиці 5.2.

5.4.1. Нанести на карту пункти за відомими геодезичними координатами. Вихідні данні наведені в таблиці 5.3.

5.4.2. Нанести на карту пункти за відомими прямокутними координатами. Вихідні данні в таблиці 5.3.

5.5. Обчислити дирекційний кут і румб заданого напрямку АВ (табл.5.2).

5.6. Обчислити справжній і магнітний азимути напрямку АВ за відомостями таблиці 5.2.

5.7. Розв'язування задач за допомогою горизонталей.

1) Обчислити позначки точки N, яка знаходиться на горизонталі, та M, яка знаходиться між сусідніми горизонталями. Місцєрозташування точок задає на карті викладач.

2) Обчислити крутизну схилу – визначити нахил і та кут нахилу ν . Крутизну схилу визначити у межах лінії АВ за відомостями табл.5.2 в місцях, де найменша і найбільша крутизна схилу (визначає студент по карті).

3) Побудувати профіль напрямку АВ згідно з завданням, що наведено в таблиці 5.2.

5.7. Потрібно підрахувати об'єм земляних робіт на ділянці, яка обмежена фізичною і криволінійною вертикальною поверхнями, що проходить по межі ділянки, і рівнинною поверхнею. Ділянку видає студентам викладач.

Таблиця 5.3

Варіант	Координати			
	геодезичні		прямокутні	
	А	В	Х	У
1	2	3	4	5
1	54°41'18"	18°05'37"	6067185	4313785
2	54°40'21"	18°05'02"	6067830	4312280
3	54°41'18"	18°04'05"	6065430	4311950

1	2	3	4	5
4	54°41"18/	18°05"48/	6064085	4313015
5	54°42"02/	18°04"19/	6067930	4311260
6	54°40"58/	18°06"27/	6068610	4314360
7	54°40"21/	18°05"04/	6066295	4313200
8	54°41"22/	18°05"35/	6066570	4311670
9	54°41"49/	18°04"27/	6067124	4311121
10	54°40"38/	18°05"31/	6066314	4313297
11	54°41"20/	18°06"20/	6065287	4314386
12	54°42"19/	18°04"32/	6067508	4312764
13	54°41"06/	18°07"15/	6064618	4311828
14	54°40"25/	18°05"49/	6066125	4313797
15	54°42"05/	18°04"59/	6066281	4311521
16	54°41"18/	18°06"37/	6067256	4313629
17	54°42"11/	18°05"21/	6064696	4312554
18	54°40"54/	18°04"16/	6066718	4311398
19	54°41"24/	18°06"07/	6067852	4313108
20	54°41"39/	18°05"08/	6065372	4312201
21	54°42"21/	18°04"27/	6066927	4312932
22	54°40"31/	18°06"47/	6068215	4311876
23	54°41"24/	18°05"37/	6064763	4312709
24	54°41"49/	18°04"48/	6065772	4313675
25	54°40"20/	18°07"13/	6068003	4311442
26	54°41"49/	18°05"43/	6064891	4311492
27	54°41"27/	18°04"07/	6066824	4313287
28	54°40"05/	18°06"42/	6068321	4314250
29	54°41"58/	18°05"51/	6065284	4312882
30	54°40"48/	18°04"55/	6067829	4311835

5.8. Потрібно вищзначити номенклатуру зркуша карти масштабу 1:10000, в якому розміщена шукана точка за даними, що наведені в табл. 5.2

1. Загальні положення організації навчання за модульно-рейтинговою системою у ВДТУ. – Вінниця:, ВДТУ, 1996.
2. Инженерная геодезия /Г.В.Багратуни, В.Н.Ганьшин, Б.Б.Данилевич и др. – М.: Недра, 1984.
3. Инженерная геодезия в строительстве /О.С.Разумов, В.Г.Ладонников, Н.А.Ангелова и др. – М.: Высш. шк., 1984.
4. Инженерная геодезия /П.С.Закатов, Г.В.Багратуни, В.А. Величко и др. – М.: Недра, 1976.
5. Кулешов Д.А., Стрельников Г.Е. Инженерная геодезия для строителей. – М.: Недра, 1990.
6. Левчук Г.П., Новак В.Е., Лебедев Н.Н. Прикладная геодезия. Геодезические работы при изысканиях и строительстве инженерных сооружений. – М.: Недра, 1983.
7. Маслов А.В. Геодезия. – М.: Недра, 1980.
8. Положення про Головне управління геодезії, картографії та кадастру при Кабінеті Міністрів України – К.: Постанова Кабміну №622, 1992.
9. Практикум по инженерной геодезии /Б.Б.Данилевич, В.Н.Лукьянов, Б.С.Хейфиц и др. – М.: Недра, 1987.
10. Ратушняк Г.С. Інженерна геодезія.К.: Вища шк.,1992.
11. Російсько-український геодезичний словник. – К.: Головне управління геодезії, картографії та кадастру України, 1992.
12. СНиП 3.01.03-84. Геодезические работы в строительстве. – М.: Стройиздат, 1985.
13. Справочник по инженерной геодезии.- П.И.Баран, С.П.Войтенко, Ю.В.Полищук и др. – К.: Вища шк. Головное изд-во, 1978.
14. Справочное руководство по инженерно-геодезическим работам/Под ред. В.Д.Большакова, Г.П.Левчука. – М.: Недра, 1981.
15. Субботин Н.Е., Мазницкий А.С. Справочник строителя по инженерной геодезии. – К.: Будівельник, 1989.
16. Сытник В.С. Строительная геодезия. – М.: Недра, 1974.
17. Сыроткин М.П., Сытник В.С. Справочник по геодезии для строителей. – М.: Недра, 1987.
18. Топографо-геодезические термины: Справ. /Б.С.Кузьмин, Ф.Я.Герасимов, В.М.Молоканов и др. – М.: Недра, 1989.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Навчальне видання

Георгій Сергійович РАТУШНЯК
Галина Сергіївна ПОПОВА

ВИКОРИСТАННЯ ТОПОГРАФІЧНИХ КАРТ І ПЛАНІВ
ПРИ ПРОЕКТУВАННІ СПОРУД

Навчальний посібник
Вінниця ВДТУ 1997

Редактор В.С.Дружиніна

Тир. 100 прим.

ВДТУ, 286021, М.Вінниця, Хмельницьке шосе, 95
