

Тема заняття: Загальні відомості

План заняття

1. Предмет вивчення інженерної геодезії. Короткий історичний нарис розвитку геодезії.
2. Форма і розмір Землі. Абсолютні та умовні висоти точок земної поверхні.
3. Системи координат, які застосовуються в геодезії.
4. Опорна геодезична мережа. Геодезичні знаки. Одиниці мір, які застосовуються в геодезії.

Література:

1. Войтенко С.П. Інженерна геодезія: підручник. – К.: Знання, 2009. – 57 с.
2. Головенько В. М. Інженерна геодезія. Конспект лекцій із спеціальності 5.092123 «Обслуговування устаткування і систем газопостачання» для студентів аграрних вищих навчальних закладів I-II рівнів акредитації.- К.: НМЦ, 2006.- 140с.
3. Інженерна геодезія. Підр. для вузів/ Е. Б. Ключин, М. И. Кисельов, Д. Ш. Міхелев, В. Д. Фельдман; Під ред. Д. Ш. Міхелева. -2-е вид. випр. -М.: Вища шк., 2001. - 464 с.: іл.

1. Предмет вивчення інженерної геодезії. Короткий історичний нарис розвитку геодезії.

Геодезія – одна з найдавніших наук про Землю, яка виникла, виходячи з практичних потреб людини, пов'язаних з вимірами земної поверхні для будівництва різних інженерних споруд, ведення сільського господарства, обліку земель, створення карт і планів.

Геодезія – грецьке слово, що означає “земле розподіл”.

Сучасна геодезія є складною багатогранною наукою, що спирається на останні досягнення таких фундаментальних наук, як математика, фізика, астрономія, географія. Її основним призначенням являється вивчення фігури, розмірів і гравітаційного поля Землі, складання планів і карт і їх електронних аналогів – цифрових моделей місцевості (ЦММ) і електронних карт (ЕК), вирішення різних інженерних завдань на місцевості в інтересах народного господарства і оборони країни.

Геодезія – наука, що вивчає фігуру і розміри Землі, її внутрішнє гравітаційне поле, розміщення об'єктів земної поверхні, форми її рельєфу. Це наука, що займається вимірюваннями в натурі, необхідними для вирішення різноманітних виробничо-технічних задач народного господарства і оборони країни.

В процесі свого розвитку зміст предмету збагатився, розширився і у зв'язку з цим виникло декілька наукових і науково-технічних дисциплін. За призначенням геодезія поділяється на ряд самостійних дисциплін – вищу геодезію, топографію, космічну геодезію, морську геодезію, фототопографію і інженерну (прикладну) геодезію.

Вища геодезія займається визначенням фігури, розмірів і зовнішнього гравітаційного поля Землі, а також створенням високоточних астрономо-геодезических, гравіметричних і нівелірних мереж.

Топографія припускає вивчення порівняно невеликих ділянок на земній поверхні з метою отримання їх зображень у вигляді карт, планів, ЕК, ЦММ і профілів. Розробкою методів і технологій створення різних карт займається картографія, а витяганням інформації, що міститься на картах, – картометрія.

Космічна геодезія служить для вимірів на Землі і планетах Сонячної системи з використанням даних, що отримуються з космічного простору штучними супутниками Землі, міжпланетними кораблями і орбітальними пілотованими станціями. Цей вид геодезії знаходить усе більше застосування при дослідженні природних ресурсів Землі.

Морська геодезія займається дослідженням природних ресурсів континентальних шельфів і картографуванням морського дна.

Фототопографія – наука, що вивчає методи створення топографічних планів, карта, ЦММ і ЕК по матеріалах фото- чи цифрової зйомки. Вона є складовою частиною фотограмметрії – науки, що визначає форми, розміри і положення об'єктів за їх фотографічними зображеннями. Матеріали фото- чи цифрової зйомки можуть бути отримані наземним фотографуванням місцевості, з літальних апаратів – літаків, вертольотів або з космосу з штучних супутників Землі.

Інженерна геодезія розглядає геодезичні роботи, що виконуються при дослідженнях, проектуванні, будівництві і експлуатації різних інженерних споруд і монтажі технологічного устаткування. Вона використовує методи вищої геодезії, топографії, фотограмметрії і матеріали усіх видів зйомок, у тому числі і космічних.

Інженерна геодезія – наукова дисципліна, яка вивчає і розробляє теорію, методи і прилади для проведення вимірювань на поверхні землі з метою вишукувань, проектування, будівництва, реконструкції, монтажу і експлуатації різних інженерних споруд і технологічного устаткування, вимірювання деформацій інженерних споруд, при розвідці і видобутку природних багатств країни і її надр.

Об'єкт дослідження інженерної геодезії – це будівлі та споруди. Предметом є дослідження і розробка методів і засобів геодезичного забезпечення всіх видів

будівництва на різних його етапах, при реконструкції, розширенні і експлуатації споруд, в землеустрої, при лісотехнічних роботах, при пошуках, розвідці, розробці і охороні природних ресурсів, монтажі і налаштуванні складних машин.

В інженерній геодезії використовуються методи вимірювань і математичної обробки їх результатів. Однак при вирішенні особливих задач в будівельно-монтажних роботах, при спостереженнях за деформаціями, вивірці споруд застосовуються спеціальні високоточні методи. До них відносяться: створні, струнно-оптичні і оптичні, мікронівелювання, вертикальне проектування і ін.

Основними видами інженерно-геодезичних робіт є:

- топографо-геодезичні вишукування;
- інженерно-геодезичне проектування;
- геодезичні розмічувальні роботи і виконавчі зйомки;
- вивірка конструкцій і агрегатів;
- спостереження за деформаціями основ і споруд.

Кожен з цих видів робіт пов'язаний з певними етапами інженерно-будівельного процесу і відрізняється від інших задачами, що вирішуються і точністю вимірів.

Топографо-геодезичні вишукування – вирішують наступні задачі:

- 1) отримання геодезичних матеріалів, необхідних для створення проекту робіт будівництва споруд, шляхом виконання геодезичних вимірів і обчислювально-графічних робіт;
- 2) трасування лінійних споруд;
- 3) геодезичну прив'язку геологічних виробіток, гідрологічних створів, точок геофізичної розвідки і ін.

Топографо-геодезичні вишукування є основою для проектування споруд і проведення інших видів вишукувань і досліджень.

Інженерно-геодезичне проектування входить в комплекс проектування споруд і включає:

- 1) складання для проектування споруд топографічної основи в необхідних масштабах: планів, профілів, топографічних карт;
- 2) визначення на місцевості положення основних осей і меж споруд, інших характерних для них точок у відповідності до проекту будівництва;
- 3) вирішення задач горизонтального і вертикального планування, підрахування площ затоплення і об'єму водосховищ і ін.;

Розбивка споруд є основним видом геодезичних робіт при перенесенні проекту в натуру. Вимагає високої точності геодезичної основи і детальних геодезичних вимірів. До складу розмічувальних робіт входить:

- 1) побудова розмічувальної основи у вигляді будівельної сітки, триангуляції, трилатерації, полігонометрії;
- 2) винесення в натуру головних осей, детальна розбивка споруд;
- 3) визначення відхилень об'єкта, що будується від його проекту (виконавчі зйомки).

Встановлення в проектне положення конструкцій і агрегатів і їх вивірка в плані, по висоті і по вертикалі, що здійснюється спеціально розробленими методами і приладами.

Спостереження за деформаціями споруд виконується високоточними геодезичними методами і включає:

- 1) вимірювання осадки основ і фундаментів;
- 2) визначення планових зміщень споруд;
- 3) встановлення кренів (нахилів) висотних будівель, башт, труб.

Основними науково-технічними задачами інженерної геодезії є:

- створення загальної теорії топографо-геодезичних вишукувань і перенесення проектів в натуру, що ґрунтується на найновіших досягненнях в галузі науки і техніки стосовно високих вимог проектно-вишуквальних і будівельно-монтажних робіт;
- розробка науково обґрунтованих схем і програм побудови геодезичної розмічувальної основи для основних типів інженерних споруд;
- узагальнення вітчизняного і закордонного досвіду геодезичних робіт, набутого при побудові найважливіших інженерних споруд.

За способом проведення робіт розрізняють наземну геодезію, аерогеодезію, космічну геодезію, підземну геодезію (маркшейдерію) і підводну геодезію.

Геодезичні роботи виконують зі встановленою завданням точністю. Виміри з вищою точністю, ніж це необхідно, вимагають застосування високоточних приладів, великих засобів і часу, а виміри на недостатню точність зважають браком.

При виконанні геодезичних робіт стежать за збереженням навколишнього середовища, прагнуть не робити зайвої рубки лісу, не допускати ушкодження сільськогосподарських угідь, забруднення водойм.

Короткий історичний нарис про розвиток геодезії

Геодезія як одна зі стародавніх наук виникла у зв'язку з практичними потребами людства під час вирішення різноманітних господарських та інженерних завдань. Людина завжди відчувала погребу у вивченні навколишнього середовища та Землі як планети.

Зведення інженерних споруд у прадавні часи (каналів, палаців, пірамід у Єгипті, старовинних міст в Індії, зрошувальних систем в Японії, Великої китайської стіни тощо) вимагало глибоких знань з геодезії та виконання геодезичних вимірювань. Геодезія розвивалась і на територіях Київської Русі, Російської імперії та Радянського Союзу.

З розвитком цивілізації в різних куточках земної кулі (Вавилон, Єгипет, Греція, Рим, держави Малої і Середньої Азії, Голландії, Франції, Англії, Німеччини, Російської імперії, Радянського Союзу) свій внесок у розвиток геодезії зробили вчені багатьох країн та континентів.

Вдосконалення знарядь виробництва незмінно приводило до розвитку і покращення технології геодезичних робіт. Можна виділити такі *історичні періоди*.

1. Зародження основ геодезії (від середини IV ст. до н. е. до IV ст. н. е.):
 - геодезичні вимірювання з метою межування земель;
 - зведення інженерних споруд (тунель під річкою Євфрат довжиною 0,9 км), розробка золотих копалень у Єгипті тощо;
 - застосування при геодезичних вимірюваннях косинця, виска, жердини, шнура, гідростатичного нівеліра (хоробота), будівельних шаблонів;
 - визначення за трикутниками недоступних відстаней;
 - перші уявлення про кулястість Землі Піфагора (580 – 500 рр. до н. е.) та Арістотеля (384 – 322 рр. до н. е.).
2. Формування області геодезичних знань (IV ст. до н. е. – початок XVII ст.):
 - перші теоретичні розробки Ератосфена (276 – 195 рр. до н. е.) і визначення радіуса Землі з похибкою біля 100 км;
 - вимірювання довжини дуги меридіана в 1° по широті арабським вченим Аль-Хорезмі (783 – 850 рр. н. е.);
 - межування земель Київської Русі (літопис 996 р.) та будівництво Софії Київської, Успенського собору, Києво-Печерської лаври, Чернігівського та інших соборів (X-XII ст.), геодезичні вимірювання довжини Керченської протоки (1068 р.);
 - застосування методу тріангуляції, компаса, астролябії, теодоліта (1512 р.) при орієнтуванні ліній та вимірюванні кутів;
 - перше генеральне знімання території Росії (1715 – 1744 рр.);
 - заснування в 1739 р. географічного департаменту Російської академії наук, керівником якого був М.В. Ломоносов з 1757 по 1763 р.;
 - відкриття перших навчальних закладів для підготовки геодезистів;
 - проведення в Російській імперії на території сучасної України геодезичних вимірювань для визначення розмірів Землі (дуга Струве);

- виконання топографічних знімів території Європи та Російської імперії.
3. Формування наукових основ геодезії (початок XVII ст. – 60-ті роки XIX ст.):
- розвиток наукових уявлень про форму і розміри Землі;
 - видання наукових праць, підручників і навчально-методичних посібників з геодезії;
 - удосконалення технічних засобів геодезії і технологій виконання топографо-геодезичних робіт у зв'язку з науково-технічною революцією за капіталістичного способу виробництва.
4. Розвиток класичної геодезії (60-ті роки XIX ст. – 60-ті роки XX ст.):
- дослідження математичної моделі Землі;
 - проведення градусних геодезичних вимірювань на о. Шпіцберген по дузі довжиною $4^{\circ}11'$ (1898 р.);
 - розробки проекту Геодезичної мережі Росії (1910 р.), використання точного геометричного нівелювання (1891 – 1917 рр.);
 - виконання точних топографічних зйомок на сучасних територіях України, Білорусі, Росії, Казахстану, Сибіру і Туркменістану;
 - створення єдиної топографо-геодезичної служби (1856 – 1916 рр.), Вищого геодезичного управління (1919 р.);
 - обчислення параметрів референц-еліпсоїда Землі за результатами астронома-геодезичних і гравіметричних вимірювань;
 - створення в СРСР Центрального науково-дослідного інституту геодезії, аерознімання і картографії (1928 р.), заводів геодезичного приладобудування “Геодезія” (1923 р.), “Геофізика”;
 - інженерно-геодезичне забезпечення зведення великих інженерних споруд.
5. Розвиток інформаційної геодезії (з 60-х років XX ст. – до теперішнього часу):
- використання радіо- та світловіддалемірів, ЕОМ та ПЕОМ, створення інформаційних банків геодезичних даних і автоматизованих технологій розв'язання геодезичних задач;
 - виконання високоточних інженерно-геодезичних робіт під час зведення об'єктів для фізичних досліджень (синхрофазотронів, прискорювачів, фотонних фабрик), гідротехнічних споруд, атомних електростанцій, телевізійних веж, фабрик, заводів, металургійних комплексів тощо.
- Після розпаду СРСР з 1991 р. в Україні було створено Головне управління геодезії, картографії та кадастру (ГУГКК), з 2005 р. – Державна служба геодезії, картографії та кадастру, ряд підприємств (“Укргеоінформатика”, “Київгеоінформатика”, “Укрінжгеодезія”, “Донбас-маркшейдерія”, Вінницька державна картографічна фабрика, міські та обласні центри геодезії і кадастру та

ін., геодезичні прилади випускаються на геодезичних заводах в м. Вінниці та в м. Ізюм Харківської обл.).

Здійснюється видання збірників “Геодезія, картографія та аерофотознімання” (1963 р.), “Інженерна геодезія” (1959 р.), “Вісник геодезії та картографії” (1997 р.), “Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва” (1996 р.).

У 1998 р. створено науково-дослідний інститут геодезії та картографії України.

Підготовка інженерних геодезичних кадрів проводиться у Національному університеті “Львівська політехніка”, Київському національному університеті будівництва і архітектури, Національному університеті імені Тараса Шевченка, Донецькому національному технічному університеті. Молодших спеціалістів з геодезії готують у технікумах міст Києва, Львова, Слов’яносербська.

2. Форма і розмір Землі. Абсолютні та умовні висоти точок земної поверхні.

З давніх часів людство цікавило, яку форму має Земля та які її розміри? Перші уявлення визначали Землю плоскою, яка трималася на слонах, черепахах і т.і.

В VI в. до н.е. грецький вчений Піфагор зазначав, що *в світі все гармонійно збалансовано і досконало, тому і форма Землі повинна бути найбільш досконалою із всіх геометричних тіл*. Оскільки ним є куля, то і форма Землі повинна мати форму кулі. Подальші наукові дослідження підтвердили гіпотезу Піфагора.

В III в. до н.е. єгипетський математик Ератосфен визначив радіус Землі з похибкою близькою до 100 км.

Сучасні дослідження показали, що форма Землі, як матеріальне тіло визначається дією внутрішніх та зовнішніх сил і веде себе, як пластичне тіло.

Поверхня Землі складається із 29 % материків та 71 % океанів та морів.

Внаслідок обертання Землі навколо своєї осі під дією центробіжних сил Земля сплюснута у полюсів.

Під дією нерівномірно розміщених мас в земній корі змінюються напрямлення сил тяжіння, а відповідно і напрямлення прямовисних ліній, які відхиляються від центра Землі.

*Поверхні, нормальні в кожній точці до напрямлення сил тяжіння (прямовисних ліній) називають **рівневими поверхнями**.*

*Рівнева поверхня морів і океанів в їх спокійному стані умовно подовжена під материками утворює форму Землі, яку називають **геоїдом** (рис.1.1).*

Для вирішення геодезичних задач, складання карт і планів земної поверхні приймають математичну поверхню тіла, найбільш близького до геоїда – еліпсоїд обертання (рис.1.1), який називають **земним еліпсоїдом**.

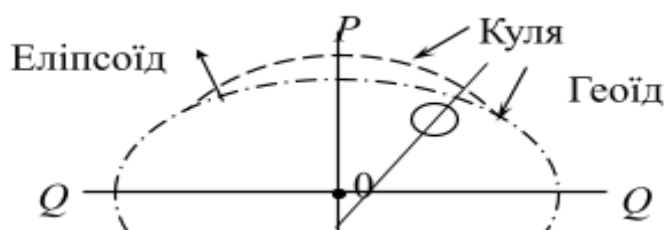


Рис.1.1. Земна куля, земний еліпсоїд, геоїд

Лінії $OP_1 = b$ та $OQ = a$ називають відповідно малою ***b*** та великою ***a*** ***півосьми сфероїда***. Вони і визначають загальні розміри Землі.

Стиснення сфероїда визначають за формулою

$$\alpha = \frac{a-b}{a} \quad . \quad (1.1)$$

В СРСР та Україні з 1946 р. при вирішенні геодезичних і картографічних задач використовують розміри еліпсоїда (сфероїда) визначені радянським вченим Ф.М.Красовським в 1940 р.

$$a = 6\,378\,245 \text{ м}; \quad b = 6\,356\,863 \text{ м}; \quad \alpha = 1:298,3.$$

За результатами супутникових спостережень стиснення земного сфероїда дорівнює $\alpha = 1:298,25$.

В Україні проводяться роботи до переходу на Європейський еліпсоїд GRS-80 з розмірами

$$a = 6378137,000 \text{ M}; \quad b = 6356752,31414 \text{ M}; \quad \alpha = 1:298,257222.$$

Еліпсоїд, що найближче підходить до території країн, називають *референс-еліпсоїдом*.

3. Системи координат, які застосовуються в геодезії.

Координатними площинами, відносно яких визначають положення точок на земній поверхні є площина екватора $QCBQ_1$ земного еліпсоїда і площина початкового меридіана PBP_1 (рис. 1.2).

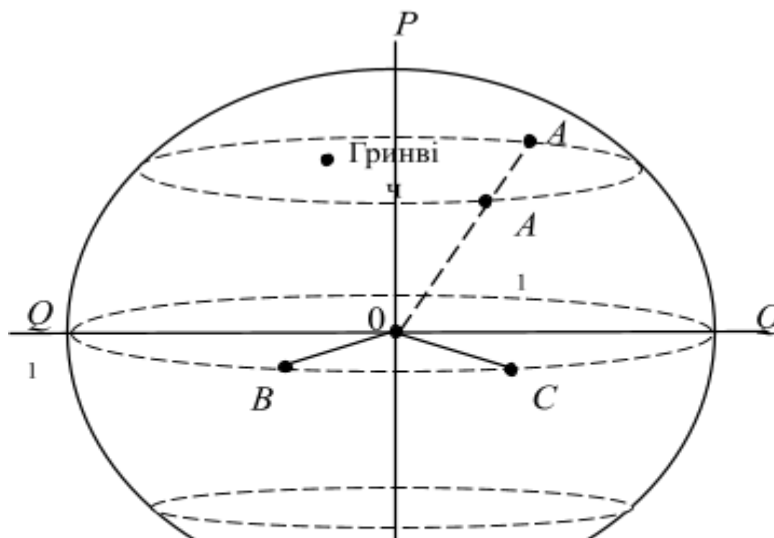


Рис.1.2. Система географічних координат

Уявна лінія на поверхні землі, утворена перетином площини, що проходить через вісь обертання Землі PP_1 , називається **меридіаном**.

Меридіан, що проходить через центр Гринвіцької обсерваторії поблизу міста Лондона приймають за **початковий, або нульовий**.

Уявна лінія на поверхні Землі утворена перетином площини перпендикулярної до осі обертання Землі PP_1 , називається **паралеллю**.

Паралель утворена площиною, що проходить через центр Землі (точку O) називають **екватором**.

За допомогою меридіанів та паралелей визначають **географічні координати точок земної поверхні**: довготу λ та широту φ .

Астрономічною довготою λ називають двограний кут між площиною початкового (Гринвіцького) меридіана та площиною астрономічного меридіана PA_1P_1 , який проходить через точку земної поверхні A та прямовисну лінію паралельно осі обертання Землі (рис.1.2).

Довготу визначають від 0° до 180° на схід (східну довготу) на захід (західну довготу) відносно початкового Гринвіцького меридіана.

Астрономічною широтою φ називають кут утворений між площиною екватора і прямовисною лінією AO , що проходить через точку земної поверхні A (рис.1.2).

Широту визначену від екватора на північ називають північною, зі знаком плюс (+), а на південь – південною, зі знаком мінус (-). Широта змінюється від 0 до $\pm 90^\circ$.

Географічні координати φ і λ визначають шляхом астрономічних спостережень.

В система геодезичних координат широта B та довгота L визначаються на поверхні **еліпсоїда обертання**. При цьому **меридіани та паралелі на поверхні еліпсоїда називаються геодезичними**. Нормалі до поверхні еліпсоїда не співпадають з напрямком прямовисних ліній внаслідок впливу нерівномірної щільності земних мас в тілі Землі, тому геодезичні координати не збігаються з астрономічними.

Астрономічні та геодезичні координати мають загальну назву – **географічні координати** (рис.1.2).

Третьою координатою є **висоти H** точок земної поверхні.

Висотою H_A точки земної поверхні називається відстань по прямовисній лінії (нормалі) між рівневою поверхнею точки A і рівневою поверхнею прийнятою за початкову (рис.1.3).

Значення висоти називають **позначкою**.

Абсолютні висоти визначають від середнього рівня Балтійського моря, так званого нуля Кронштадського футштока.

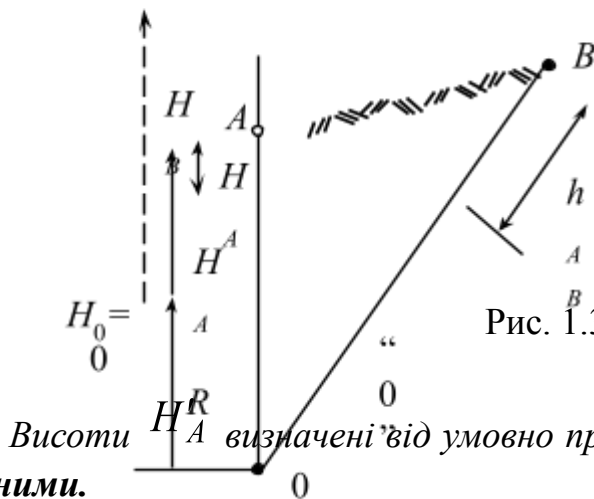


Рис. 1.3. Схема визначення висот точок

Висоти визначені від умовно прийнятої рівневої поверхні називають **умовними**.

Різниця позначок двох суміжних точок називають **перевищенням**:

$$h_{AB} = H_B - H_A. \quad (1.2)$$

Коли геодезичні роботи виконують на невеликих ділянках земної поверхні і не враховують сферичність Землі, то положення точок можна визначати в системі прямокутних координат (рис. 1.4).

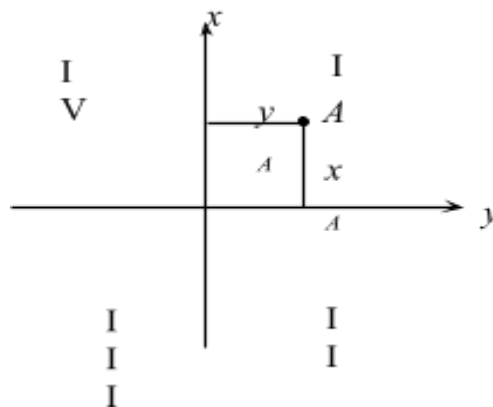


Рис. 1.4 Система прямокутних координат

На сучасному етапі з використанням супутникових навігаційних систем (GPS) при розв'язанні геодезичних задач використовують **геоцентричну систему прямокутних просторових координат** (рис. 1.5).

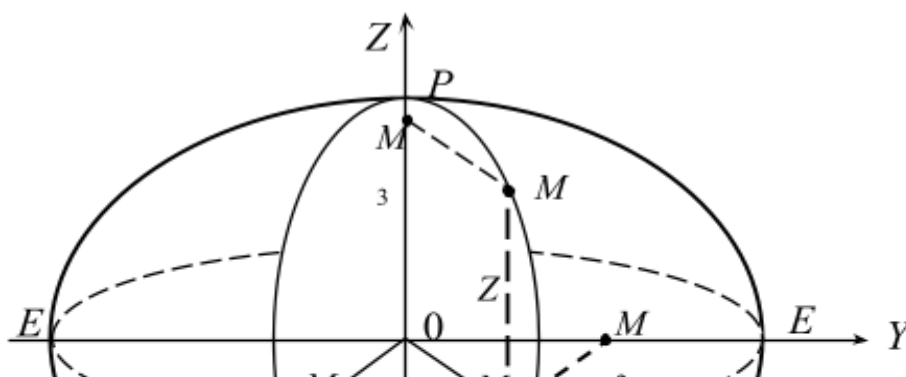


Рис. 1.5. Система прямокутних просторових координат

Початок координат розміщено в центрі мас Землі. Вісь OX в площині екватора проходить через точку перетину Гринвіцького меридіана та екватора. Вісь OY доповнює прийняту систему координат до правої, а вісь OZ направлена вздовж осі обертання Землі до Північного полюсу.

4. Опорна геодезична мережа. Геодезичні знаки. Одиниці мір, які застосовуються в геодезії.

Координатними площинами, відносно яких визначають положення точок на земній поверхні, є площина екватора земного еліпсоїда та площина початкового меридіана.

Координати – це величини, що визначають положення будь-якої точки на поверхні або в просторі відносно прийнятої системи координат.

Система координат встановлює початкові (вихідні) точки поверхні або лінії відліку потрібних величин – початок відліку координат та одиниці їх обчислення.

У геодезії найбільшого застосування набули системи географічних, плоских прямокутних та полярних координат.

Система географічних координат (географічні координати) застосовується для визначення положення точок Землі відносно екватора і початкового меридіана. Координатами є кутові величини: довгота і широта точки. Координатна (картографічна) сітка створюється лініями меридіанів і паралелей.

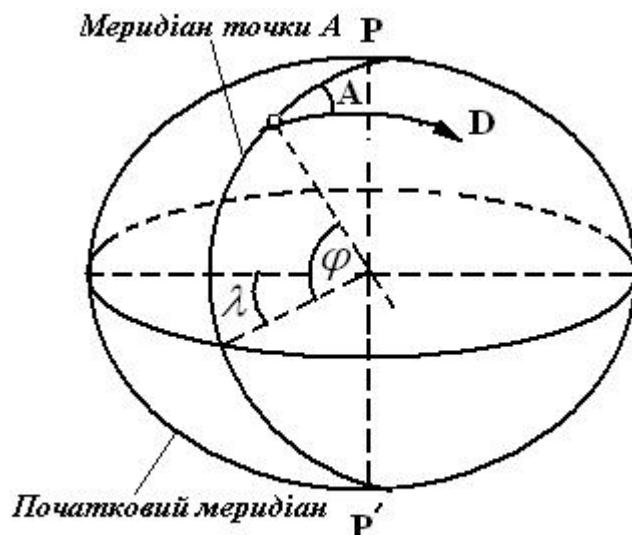


Рис 2.5. Географічна система координат

Меридіаном називають лінію перерізу еліпсоїда площиною, що проходить через дану точку і полярну вісь обертання Землі PP' (рис. 2.5).

Паралель – це лінія перерізу еліпсоїда площиною, що проходить через дану точку і перпендикулярна до земної осі, PP' . Паралель, що проходить через центр еліпсоїда, називають екватором. За початковий (нульовий) прийнято Гринвіцький меридіан, тобто меридіан, який проходить через центр головного залу Гринвіцької обсерваторії на околиці Лондона.

Географічні координати визначають в результаті астрономічних спостережень відносно земної поверхні або шляхом геодезичних вимірювань поверхні референц-еліпсоїда. У першому випадку їх називають астрономічними, у другому – геодезичними. При астрономічних спостереженнях проектування точок на відповідну поверхню здійснюється прямовисними лініями, при геодезичних – нормаллями, тому значення астрономічних і геодезичних координат дещо відрізняються.

Астрономічні координати обчислюють відносно площини, перпендикулярної до осі обертання Землі (площини екватора) і площини початкового астрономічного меридіана. Площиною астрономічного меридіана є площина, що проходить через прямовисну лінію в даній точці і паралельна осі обертання Землі. Початковою точкою відліку координат є точка перетину початкового меридіана і екватора, для якої широта і довгота дорівнюють 0° .

Астрономічна широта (φ) – це кут, утворений прямовисною лінією в даній точці і площиною, перпендикулярною до осі обертання Землі.

Астрономічна довгота (λ) – це двограний кут між площинами астрономічного меридіана даної точки та початкового астрономічного меридіана (див. рис 2.5).

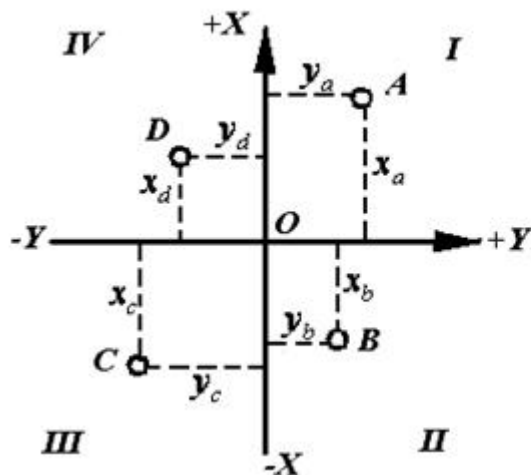


Рис. 2.6. Система плоских прямокутних координат

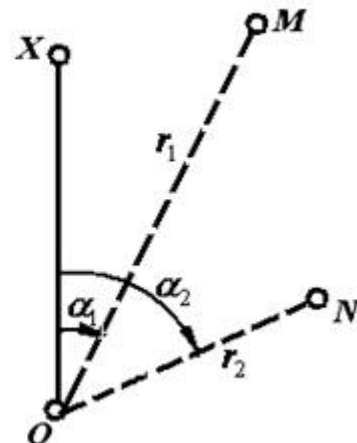


Рис. 2.7. Система полярних координат

Геодезичні координати – це координати, які показують положення точок відносно площини початкового геодезичного меридіана і площини екватора земного еліпсоїда. Площиною геодезичного меридіана є площина, що проходить через нормаль до поверхні земного еліпсоїда в даній точці і паралельна до його малої осі.

Геодезична широта (B) – це кут, утворений нормаллю до поверхні земного еліпсоїда в даній точці і площиною його екватора.

Геодезична довгота (L) – двогранний кут між площинами геодезичного меридіана даної точки і початкового геодезичного меридіана.

За початок відліку координат у геодезичній системі (на референц-еліпсоїді) беруть певну точку з відомими геодезичними координатами або вихідними даними. Відносно неї визначають всі інші координати пунктів геодезичної сітки.

Широта є північна і південна, змінюється вона від 0° (на екваторі), до 90° (на земних полюсах). Довгота є східна та західна і змінюється від 0° (на початковому, Гринвіцькому меридіані) до 180° на схід і на захід від нульового меридіана. Довгота і широта можуть бути також визначені, відповідно довжиною дуги меридіана і паралелі на поверхні еліпсоїда.

Плоскими прямокутними геодезичними координатами (прямокутними координатами) називають лінійні величини – абсцису і ординату, що визначають положення точки на площині відносно вихідних напрямків. Вихідними напрямками служать дві взаємно перпендикулярні лінії (рис. 2.6) з початком відліку в точці їх перетину O . Пряма XX є віссю абсцис, а пряма YY – віссю ординат. У цій системі положення будь-якої точки на площині визначається найкоротшою відстанню до неї від осей координат. Так, положення точки A визначається довжиною перпендикулярів та . Відрізок називають абсцисою, а , – ординатою точки A . Відображаються абсциси і ординати в лінійних величинах (найчастіше в метрах).

У геодезії прийнято праву систему прямокутних координат: це відрізняє її від лівої системи координат, яка використовується в математиці. Четверті системи координат, назви яких відповідають назвам сторін світу, нумеруються за годинниковою стрілкою (див. рис. 2.6). У такій системі спрощується вимірювання кутів орієнтування. Абсциси точок, розташованих вгору від початку координат, вважають додатними, а вниз – від’ємними; ординати точок, розташованих праворуч від початку координат, вважають додатними, а ліворуч – від’ємними (табл. 1).

Систему плоских прямокутних застосовують для визначення координат точок на порівняно невеликих ділянках земної поверхні, що приймаються за площину.

Таблиця 1

Чвертні системи	Координати	
	X	Y
I – північний схід (Пн.Сх.)	+	+
II – південний схід (Пд.Сх.)	–	+
III – південний захід (Пд.Зх.)	–	–
IV – північний захід (Пн.Зх.)	+	–

У державній системі координат за вісь ординат приймають лінію екватора, за вісь абсцис – напрямок меридіана, який називають осьовим (він збігається з напрямком однієї з осей системи прямокутних координат). При виконанні робіт на значних за розмірами територіях осьовими вибирають кілька меридіанів. Для невеликих ділянок початок відліку координат може бути в будь-якій точці ділянки (це так звана система з умовним початком координат).

Координати, початком відліку яких є певна точка на місцевості, називають топоцентричними. Якщо на горизонтальній площині через довільно вибрану точку О провести пряму ОХ (так звана полярна вісь), то положення будь-якої точки, наприклад М, визначатиметься радіусом- вектором та кутом напрямку а точка N – відповідно і (рис.2.7). Такі координати називають полярними. Кути і вимірюють від полярної осі за ходом годинникової стрілки до радіуса-вектора. Полярна вісь на площині може розташовуватись довільно або збігатися з напрямком меридіана, що проходить через полюс (точка О).

Система плоских прямокутних координат Гаусса-Крюгера. Дану систему координат використовують при великомасштабному зображенні значних частин земної поверхні на площині, отже, і при вирішенні більшості завдань, що зв’язані з проектуванням будівельних комплексів.

Для великомасштабного картографування необхідна проекція, що забезпечує збереження подібного зображення фігур (контурів) при переході з поверхні кулі на площину, спотворення розмірів фігур, що виникають при цьому, мають бути малі і легко враховуватися. Даним вимогам відповідає

прийнята з 1928 р. поперечно-циліндрична рівнокутна проекція Гаусса-Крюгера.

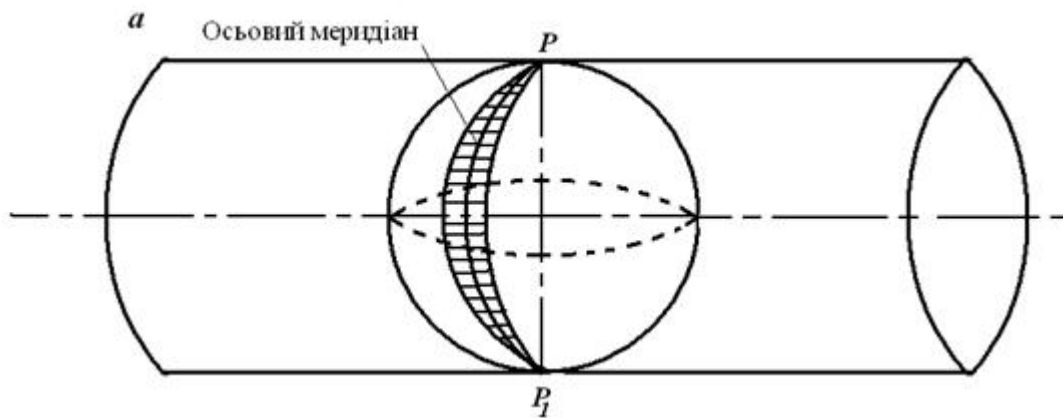


Рис. 2.8. Схема побудови поперечної циліндричної проекції

Зображення поверхні земної кулі на площині в проекції Гаусса-Крюгера отримують наступним чином. Поверхню розбивають меридіанами на зони шириною 3 або 6° за довготою. Земну кулю вписують в циліндр так, щоб площина екватора співпала з віссю циліндра (рис. 2.8). Кожна зона з центру Землі проектується на бічну поверхню циліндра. Після проектування бічну поверхню циліндра розгортають в площину, розрізавши її по меридіанах, що проходять через земні полюси. На отриманому зображенні середні (осьові) меридіани зон (рис. 2.9) і екватор – прямі лінії, всі інші меридіани і паралелі – криві. Спотворення розмірів контурів поблизу середніх (осьових) меридіанів зон мінімальні і зростають у міру віддалення до країв.

Відносні спотворення на краях шестиградусної зони можуть досягати величини порядку 1/1500, а трьохградусної – порядку 1/6000. Вибір ширини зони (6 або 3°) залежить від того, з якою точністю повинно вестися проектування будівельного комплексу. Якщо для проектування потрібні топографічні матеріали масштабу 1:10 000 і дрібніше, застосовують шестиградусні зони, для карт масштабу 1:5000 крупніших масштабів – трьохградусні. Весь земний еліпсоїд охоплюють 60 шестиградусних зон. Вони нумеруються арабськими цифрами, починаючи від Грінвіцького меридіану на схід.

За початок відліку координат в кожній зоні приймають точку перетину осьового меридіана – осі абсцис X і екватора – осі ординат Y . На картах проводять прямокутну координатну сітку, що складається з прямих ліній, паралельних осьовому меридіану і екватору (рис. 2.9). Відстані між суміжними лініями сітки для масштабів карт 1:10 000; 1:25 000 і 1:50 000 складають один кілометр на місцевості.

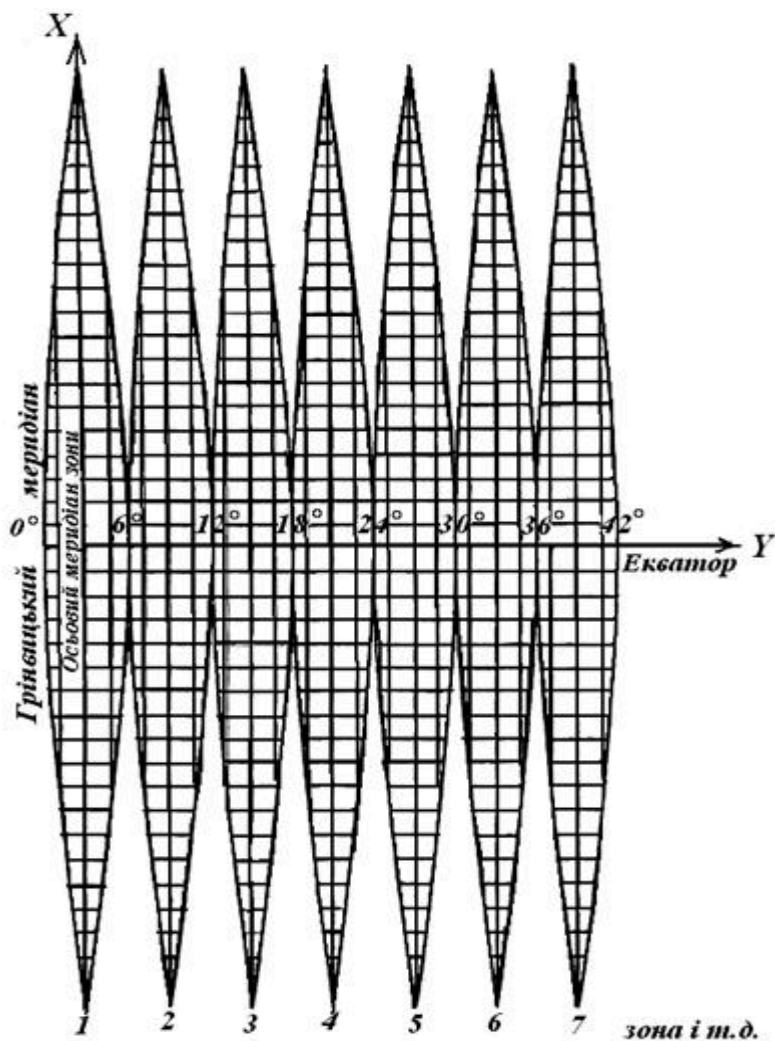


Рис.2.9. Шестиградусні зони Гаусса-Крюгера

Система координат в кожній зоні однакова. Для території України, що розташована в північній півкулі, абсциси завжди позитивні. Що стосується ординат, то вони в кожній зоні могли б бути як позитивними так і негативними. Для того, щоб і ординати були завжди позитивні, початок координат домовились змістити на захід на 500 км. В цьому випадку всі точки на схід і захід від осьового меридіана матимуть позитивні ординати. Такі ординати називаються перетвореними. Перетворена ордината починається з номера зони. Наприклад, якщо точка розташована в четвертій зоні на відстані 64 245 м на захід від осьового меридіана, її перетворена ордината рівна 4 435 755 м, якщо на тій же відстані на схід від того ж осьового меридіана, то перетворена ордината $y = 4\,564\,245$ м.

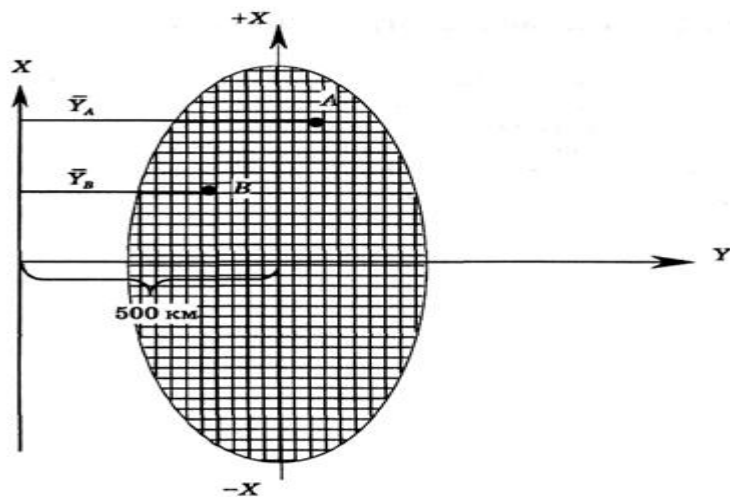


Рис. 2.10. Координатна сітка

Усі сучасні топографічні карти України складені у проекції Гаусса-Крюгера. В інженерній практиці для невеликих ділянок місцевості план може бути складений в умовній системі прямокутних координат. Початок умовної системи координат вибирають так, щоб значення X та Y були додатними. Вісь абсцис орієнтують у напрямку магнітного меридіана.

Для зручності визначення прямокутних координат на планах і картах нанесена координатна сітка (рис. 10). Це система взаємно перпендикулярних ліній, проведена через певні відстані паралельно осям X та Y зони. Значення абсцис X та умовних ординат Y ліній координатної сітки підписані на картах і планах.

Система висот.

Для визначення положення точок фізичної поверхні Землі не досить знати лише дві координати на поверхні (наприклад, x і y). Потрібна третя координата – висота точки H (рис. 2.11). Висотою H точки земної поверхні називається відстань по прямовисній лінії (нормалі) між рівневою поверхнею точки і рівневою поверхнею, прийнятою за початкову. Числове значення висоти точки називають позначкою висоти, або позначкою. Висоту точки, яку обчислюють від основної рівневої поверхні, називають абсолютною (H_A), а визначену відносно довільно обраної рівневої поверхні – умовною (h). Різницю висоти між двома точками (або відстань за прямовисним напрямком між рівневими поверхнями, що проходять через дві будь-які точки на Землі) називають відносною висотою, або перевищенням (або Δh) цих точок

У нашій країні прийнято Балтійську систему висот. Відлік висот за цією системою ведуть від рівневої поверхні, що проходить через нуль футштока біля Санкт-Петербурга. Футшок – рейка, яку встановлюють на берегах океанів і морів для спостережень за рівнем води. Нуль Кронштадтського футштока є мідною пластиною, закріпленою в опорі моста у м. Кронштадті, з нанесеною горизонтальною рисою.

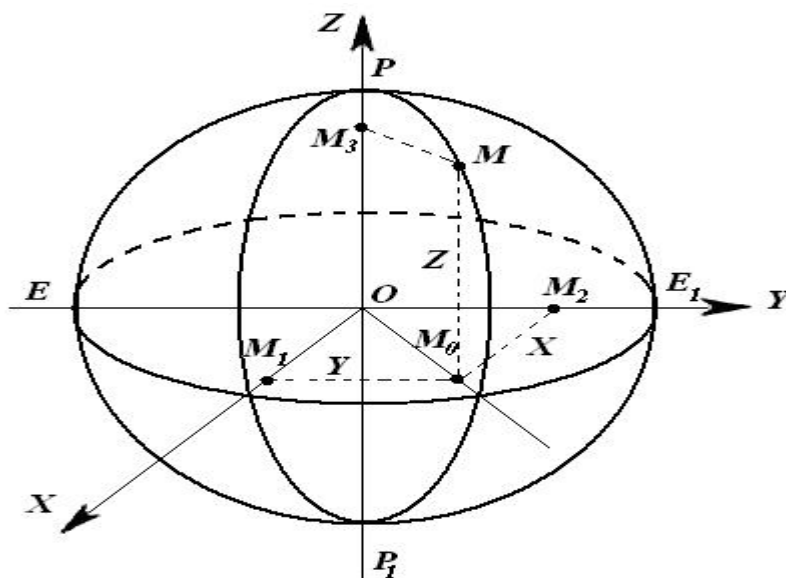


Рис. 2.12. Система прямокутних просторових координат

Від нуля Кронштадтського футштока на усій території України (територія країн СНД) проводять виміри глибин і висот. Географічні карти рівняються на Кронштадтську точку відліку. Навіть космічні орбіти ведуть відлік від невеликої риски мідної таблички, прикріпленої до опори Синього мосту через Обвідний канал в Кронштадті.

На сучасному етапі з використанням супутникових навігаційних систем (GPS) при розв'язанні геодезичних задач використовують геоцентричну систему прямокутних просторових координат (2.12).

Початок координат розміщено в центрі мас Землі. Вісь OX у площині екватора проходить через точку перетину Гринвіцького меридіана й екватора. Вісь OY доповнює прийняту систему координат до правої, а вісь OZ спрямована вздовж осі обертання Землі до Північного полюса.

Для точки M маємо просторові координати:

$$X = OM_1 = M_0M_2;$$

$$Y = OM_2 = M_1M_0;$$

$$Z = OM_3 = M_0M.$$

В Україні для вирішення народногосподарських завдань міждержавного рівня запроваджено світову систему просторових координат WGS-84.