

ЛЕКЦІЯ №1

ТЕМА: ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ ІНЖЕНЕРНОЇ ГЕОДЕЗІЇ

План

1. Геодезія, її зміст і основні визначення
2. Інженерна геодезія, її задачі й значення в народному господарстві й обороні країни
3. Історичний огляд розвитку геодезії.
4. Взаємозв'язок геодезії з іншими науками.

Література:

1. Кузьмін В.І. Інженерна геодезія в дорожньому будівництві. Навч. посіб. /В. І. Кузьмін, О. А. Білятинський. – К.: Вища шк., 2006. – 278с.: іл..
2. Инженерная геодезия. Учеб. для вузов/Е.Б. Ключин, М.И. Киселёв, Д.Ш. Михелев, В.Д. Фельдман; под ред. Д.Ш. Михелева, - 1-ое изд. испр. – М.: Высш. Шк., 2002.- 464с.: ил.
3. Федотов Г.А. Инженерная геодезия. Учебник/ Г.А Федотов. – М.: Высш. шк., 2002. – 463с., ил.
4. Фёдоров В.И., Шилов П. И. Инженерная геодезия. Учебник для вузов. 2-е изд. перераб. и доп. М.:Недра, 1982, - 357с.

1 ГЕОДЕЗІЯ, ЇЇ ЗМІСТ І ОСНОВНІ ВИЗНАЧЕННЯ

Геодезія – наука про виміри на земній поверхні для визначення розмірів і форми Землі, зображення земної поверхні у вигляді планів і карт і для рішення різних інженерних задач.

Інженерна геодезія (ИГ) – наукова дисципліна, що вивчає й розробляє теорію, методи й прилади для проведення вимірів на поверхні землі з метою проведення вишукувань, проектування й будівництва інженерних споруджень (доріг, аеродромів, мостів, тунелів, трубопроводів і т.п.).

У перекладі із грецького - землерозділення, земля+поділ.

Геодезія - одна з найдавніших наук на Землі, що виникла із практичних потреб людини, пов'язаних з вимірами земної поверхні для будівництва різних інженерних споруджень, ведення з/х-ва, обліку земель, створення карт і планів.

Сучасна геодезія - складна багатогранна наука, опирається на досягнення математики, фізики, географії, астрономії.

Основне призначення – вивчення фігури, розмірів і гравітаційного поля Землі, створення планів і карт і їхніх електронних аналогів – ЦММ, ЭК, рішення різних інженерних задач на місцевості в інтересах народного господарства й оборони країни.

По призначенню геодезія підрозділяється на ряд самостійних дисциплін:

1) вища геодезія - визначення фігури, розмірів і зовнішнього гравітаційного поля Землі; створення високоточних астрономо-геодезичних, гравіметричних і нівелірних мереж;

2) топографія - наука, що вивчає географічний і геометричний стан земної поверхні шляхом створення топографічних карт і планів на основі наземних, повітряних і космічних зйомок;

3) картографія - наука про відображення й дослідження явищ природи й суспільства, їхнього розміщення, властивостей, взаємозв'язків і змін у просторі й часі за допомогою картографічних зображень або

Картографія - наука про географічні карти й інших картографічних

матеріалах (атласи, глобуси, карти небесних тіл, рельєфні карти, просторові моделі), про методи їхнього створення й використання.

4) аерогеодезія - наука, що вивчає методи виміру й перетворення земної поверхні по аерофотознімкам, отриманим з повітря, для складання планів і карт місцевості, рішення різних інженерних задач при вишукуваннях, проектуванні й будівництві інженерних споруджень.

5) космічна геодезія - наука, що служить для вимірів на Землі й планетах Сонячної Системи з використанням даних, отриманих з космосу (супутники, космічні кораблі, орбітальні пілотовані станції).

6) морська геодезія - дослідження природних ресурсів континентальних шельфів і картографування морського дна.

7) фототопографія - наука, що вивчає методи створення топографічних карт, планів, ЦММ, ЭК за матеріалами фото - або цифрової зйомки. Матеріали можуть бути отримані наземним фотографуванням або з літальних апаратів.

8) інженерна геодезія - розглядає геодезичні роботи, виконані при вишукуваннях, проектуванні, будівництві й експлуатації інженерних споруджень і монтажі технологічного встаткування. ИГ використовує методи вищої геодезії, топографії, матеріали всіх видів зйомок.

По способі провадження робіт ИГ розрізняють:

- 1) наземну геодезію;
- 2) аерогеодезію;
- 3) космічну;
- 4) підземну (маркшейдерська);
- 5) підводну (морська, дно рік, озер, водойм).

Геодезичні роботи виконуються із установленої завданням точністю. Виміру з більше високою точністю, чим це необхідно, вимагає застосування високоточних приладів, більших засобів і часу, а виміру з недостатньою точністю вважаються шлюбом.

При виконанні геодезичних робіт стежать за збереженням навколишнього середовища, прагнуть не робити зайвого рубання лісу, не допускати ушкодження /

сільськогосподарських угідь, забруднення водою. Всі геодезичні роботи роблять із обов'язковим дотриманням правил безпеки провадження робіт.

2. ІНЖЕНЕРНА ГЕОДЕЗІЯ, ЇЇ ЗАДАЧІ Й ЗНАЧЕННЯ В НАРОДНОМУ ГОСПОДАРСТВІ Й ОБОРОНІ КРАЇНИ

Інженерна геодезія (ИГ) є самостійною галуззю геодезії, одержала спеціальне призначення й найбільше проникнення у всілякі області народного господарства. ИГ є невід'ємною частиною багатьох важливих виробничих процесів, істотно впливають на їхнє вдосконалювання й розвиток.

Інженерна геодезія - наукова дисципліна, що вивчає й розробляє теорію, методи й прилади для проведення вимірів на поверхні землі з метою проведення вишукувань, проектування й будівництва інженерних споруджень (доріг), аеродромів, мостів, тунелів, трубопроводів і т.п.

Інженерну геодезію використовують під час рішення багатьох важливих задач народного господарства, науки, промисловості. Будівництво будь-якого об'єкта починає з разбивочних робіт на місцевості й виконується під постійним контролем інженерно-геодезичної служби. До початку будівництва геодезисти здійснюють зйомку ділянки місцевості, щоб мати топографічні плани, профілі, систему опорних крапок і інші вихідні дані для проектування.

У процесі будівництва об'єктів інженерам-геодезистам і будівельникам доводиться вирішувати ряд задач, щоб забезпечити реалізацію проекту на місцевості з потрібною точністю.

Наприклад:

1) в 1986р. побудований транспортний тунель Сейкан під протокою Цугару на півночі Японії між островами Хонсю й Хоккайдо. Загальна довжина тунелю - 53,8км, з них під протокою - 23,3км. Для здійснення проекту фахівці виконали комплекс високоточних інженерно-геодезичних робіт, які забезпечили прокладку тунелю по обидва боки під дном протоки;

2) Симплонський тунель в Альпах між Швейцарією й Італією довжиною 20км. Його також проклали по обидва боки. Геодезисти повинні були визначити координати початкової й кінцевої крапок тунелю у Швейцарії й Італії в єдиній системі координат з високою точністю;

3) на Байкало-Амурській магістралі в Росії побудовано кілька тунелів, кожний з яких рівняється Симплонському;

4) в 1994р. побудовано три 50-км паралельних тунелі: два - для руху поїздів, один - для технічних цілей під протокою Ла-Манш між Францією й Великобританією.

Глибина проходження тунелів - 100м нижче рівня моря й 40м нижче дна протоки. Залізничні тунелі під протокою Ла-Манш - це видатне інженерне спорудження 20-ого сторіччя.

5) в 1981р. у Вірменії побудовано найбільш довгий у світі гідравлічний тунель «ріка Арна - озеро Севан» довжиною 48км, з більшим перепадом висот. Це також приклад складного інженерного спорудження, що будували 18років під систематичним геодезичним контролем.

6) в 1986р. побудували найбільш довгий у Європі 24-км Орхотський транспортний тунель на Кавказькій перевальній автомобільній дорозі.

Сучасні а. буд. є досить складними інженерними спорудженнями. Щоб побудувати дорогу, потрібно виконати комплекс інженерно-геодезичних робіт, починаючи з вишукувань і розбивки траси дороги й закінчуючи піднесенням інженерних споруджень, пов'язаних з її експлуатацією (мостів, шляхопроводів, автовокзалів, кемпінгів, тунелів і т.п.). У процесі будівництва дороги здійснюється постійний геодезичний контроль всіх операцій дорожньо-будівельних робіт.

Особливо велике значення мають геодезичні роботи, які забезпечують у натурі проектні розміри головних геометричних параметрів дороги в плані, поздовжньому й поперечному профілях, оскільки геометрія дороги визначає її транспортно - експлуатаційні характеристики.

Високоточні інженерно-геодезичні роботи виконуються під час будівництва висотних будинків, телевеж, метрополітенів, спостереження за деформаціями

інженерних споруджень під дією різних зовнішніх і внутрішніх сил і факторів, при рішенні інших будівельних, виробничих і дослідницьких задач.

Інженерно-геодезичні роботи є невід'ємною частиною комплексу робіт, пов'язаних з вишукуваннями, проектуванням, будівництвом, реконструкцією, експлуатацією автомобільних доріг і аеродромів, а також різних споруджень на них.

У сучасних умовах відбуваються важливі зміни в технології й методах проектно - дослідницьких робіт і будівництві інженерних об'єктів, які знаходять відображення в зміні складу й методів інженерно-геодезичних робіт. При цьому змінюється інженерне встаткування, що використовується в дорожнім будівництві.

Останнім часом в умовах тотальної комп'ютеризації при виконанні геодезичних робіт широко застосовуються електронні тахеометри, у проектно-дослідницьких і будівельних процесах - системи автоматизованого проектування (САПР), автоматизовані системи керування будівництвом (АСУБ), географічні інформаційні системи й т.п..

Інженер повинен уміти працювати із традиційними видами інженерно-геодезичної інформації - топографічними картами й планами, а також з їхніми електронними аналогами - електронними картами (ЕК), які є основою географічних інформаційних систем, цифровими (ЦММ) і математичними моделями місцевості (МММ), на основі яких здійснюється системне автоматизоване проектування інженерних об'єктів на рівні САПР.

Отже, інженер-будівельник доріг на сучасному етапі повинен добре володіти як традиційними, так і новими високопродуктивними методами інженерно-геодезичних робіт.

Ці види інженерно-геодезичних робіт дають можливість максимально скоротити об'єми й вартість польових робіт завдяки збільшенню об'ємів камеральних робіт при широкому використанні засобів автоматизації й обчислювальної техніки.

Інженерно-геодезичні роботи істотно впливають на якість автомобільних доріг, оскільки точність реалізації проектних рішень значною мірою визначає їхні транспортно-експлуатаційні характеристики. Крім того, виконання інженерно-

геодезичних вимірів при реконструкції й будівництві а. буд. має певні особливості, які необхідно враховувати при виконанні.

Сучасне будівництво неможливо без широкого використання геодезичних методів розбивки інженерних споруджень на місцевості, які забезпечують високу точність і виключають грубі погрішності; методів оперативного контролю будівельних робіт і геодезичного керування роботою будівельних машин і механізмів. Із цією метою при будівництві інженерних об'єктів широко застосовують лазерну техніку.

Тому, вивчення курсу стає необхідним для майбутніх фахівців.

ИГ розглядає методи вимірів, процеси й рішення, здійснювані при вишукуванні, проектуванні, будівництві й експлуатації інженерних споруджень.

ИГ має виняткове прикладне значення в різних галузях народного господарства. Методи ИГ широко використовуються при проектуванні, будівництві й експлуатації доріг, мостів, тунелів, аеродромів, каналів, будинків і споруджень автотранспортної й аеродромної служби, гідромеліоративних споруджень, підземних комунікацій, повітряних мереж.

Топографо-геодезичні, інженерно-геологічні, інженерно-гідрологічні й економічні вишукування для проектування, винос проекту в природу й процес геодезичного контролю в ході будівництва, визначення деформацій і зрушень споруджень у процесі експлуатації здійснюють із використанням технологій і методів інженерної геодезії.

Геодезичні роботи ведуть у містах і населених пунктах при їхньому плануванні, озелененні й благоустрої. Організація й землевпорядження сільськогосподарських підприємств, осушення й зрошення земель, роботи з ведення лісового господарства також немислимі без ИГ.

Велика роль геодезії в питаннях забезпеченні обороноздатності країни.

Геоинформационные системи (ГИС), системи супутникової навігації («GPS») надзвичайно ефективні при веденні військового будівництва, для цілей військової розвідки, для керування військової

3 ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК ГЕОДЕЗІЇ З ІНШИМИ НАУКАМИ

Геодезія тісно пов'язана з різними науками й дуже тісно з математикою й фізикою.

В основі методів рішення наукових і практичних завдань лежать закони математики й фізики.

Мат. закони використовуються для розробки науково-обґрунтованих схем постановки й виконання топографо-геодезичних вимірів. На основі математики виконують обробку результатів виміру, що дозволяє одержати значення шуканих величин з найбільшою ймовірністю. Широко використовуються ЕОМ.

Закони механіки використовуються при вивченні фігури Землі, гравітаційного поля. Розділи фізики – оптика, електроніка, радіотехніка – необхідні для розробки й експлуатації приладів, які використовуються при топографічній зйомці. Сучасні досягнення фізики використовуються при конструюванні картографічної апаратури.

Інформатика – вивчення методів збору, перетворення, збереження, пошуку й передачі, поширення наукової інформації.

Астрономія потрібна для розробки й використання астрономічних способів визначення координат крапок земної поверхні. Координати необхідні для картографічного зображення, перетворення й аналізу геоінформації.

Космонавтика, а саме космічні зйомки, займають значне місце при виконанні топографо-геодезичних робіт. Результати дистанційного зондування земної поверхні з космосу є основою для екологічного моніторингу.

Геоморфологія – наука про походження й розвиток рельєфу земної поверхні – необхідна для достовірного зображення форм рельєфу на планах і картах.

Геологія, геофізика, гідрологія, метеорологія, синоптика, соціологія, економіка й ін.

Видатний учений академік Губкін І.М. говорив, що «геолог, гідролог, гідротехнік, інженер-будівельник, еколог не можуть успішно виконувати свою

роботу без використання топографо-геодезичних матеріалів. І всі ці фахівці без ТК те ж саме, що столяр без сокири, а коваль без молотка».

Таким чином, зв'язок геодезії з іншими науками є безперечним й очевидним.

4 ІСТОРИЧНИЙ ОГЛЯД РОЗВИТКУ ГЕОДЕЗІЇ, ТОПОГРАФІЇ І КАРТОГРАФІЇ

Геодезія як наука початку формуватися в стародавності, що підтверджується археологічними розкопками й пам'ятками будівництва й архітектури, які дійшли до нас. Будівництво видатних інженерних споруджень (канали, палаци, храми, піраміди, зрошувальні системи в Японії, Велика китайська стіна й ін.) було немислимо без глибокого знання основ геодезії й геодезичних приладів.

В 500р. до н.е. Піфагор висловив гіпотезу, що Земля – куля, а **в 4-ом сторіччі Аристотель** довів, форма близька до кулі.

В 3-м сторіччі Ератосфен визначив радіус Землі.

У Вавилоні понад 5тис. років тому вміли робити на місцевості розбивку границь земельних ділянок і становити плани.

У Древньому Єгипті здійснювали землемірні роботи під час відновлення границь землеволодінь, порушених розливами ріки Нил. Такі ж роботи проводилися в Древній Греції, Вірменії, Грузії.

Уперше вимір у вертикальній площині й нівелювання почали застосовувати **в Єгипті й Месопотамії** під час зрошення земель і будівництва каналів, які мали потребу в дотриманні ухилів. За допомогою схилу й рівня води визначали горизонтальний і вертикальний напрямки. Прикладом застосування нівелювання є канал, що з'єднує ріку Нил із Червоним морем, побудований бтис. років до н.е. Нівелювання застосовувалося також у Древньому Китаї, де в 9-10ст. до н.е. використовували рейку з рухливими ціликами.

П'ять тисяч років тому в Єгипті були побудовані піраміди. Піраміда Хофу з основою $227,5 \times 227,5 \text{ м}^2$ і висотою 137,2 м і піраміда Хеопса висотою 146,6 м і нині залишаються неперевершеними утворами людських рук. Під час будівництва використовувалися геодезичні методи.

В 1-2 столітті н.е. грецький учений Клавдій Птолемей розробив картографічну проекцію.

У Греції геодезичні методи застосовували пізніше, ніж у Єгипті. Храми, цирки, інші спорудження, які дійшли до нас, свідчать про високий у той час рівні геодезичних і будівельних робіт.

В 1320р. до н.е. була складена перша з відомих нам карт єгипетського золотого рудника (Туринський папірус).

У Росії перші геодезичні роботи, пов'язані із установленням земельних границь, датуються 11-12 століттями.

Швидкими темпами розвиток наук у Росії відбувається з 17 століття, у зв'язку з винаходом зорової труби із сіткою ниток і розробкою методу триангуляції (Галилей, Снелліус).

В 1609р. Галилей винайшов першу підзорну трубу, що сприяла швидкому прогресу в геодезичному приладобудуванні й геодезії взагалі. Нідерландський астроном і математик **Снелліус в 1614р.** запропонував метод визначення положення крапок на поверхні Землі, що одержав назву «триангуляція».

У середині 16ст. з'явився **гідростатичний нівелір** із самоустановлювальною лінією візування.

Методи ИГ і картографії вдосконалюються в період **Петровських реформ**, більшу роль зіграв М. В. Ломоносов, що очолив Географічний департамент при Російській академії наук (1739) з 1757 по 1763р.

В 1743р. був створений Атлас Російської імперії із прикордонними землями.

Значного розвитку топографія й картографія досягли в **Київській Русі**. У Санкт-Петербурзі в Ермітажу зберігається плита, знайдена біля Тамані з написом «В 1068р. князь Гліб проміряв по льоду Керченська протока, 22,5 км 9 Керч-Тамань»).

В Україні в 13ст. були зроблені перші описи Лівобережжя. На основі перепису населених пунктів, опису доріг, рік і лісів робилися креслення - зародки топографічних карт. Приблизно в 1570р. у Росії було створено «Велике креслення» - карту всієї країни. У пояснювальному тексті до цієї праці приводилися відстані між містами Росії, зокрема для Лівобережжя й Придніпров'я України.

На початку 20ст. у державному архіві в Стокгольмі знайшли карту «Креслення Українським і Черкаським містам від Москви до Криму». Уважалося, що це доповнення до «Великого креслення».

В 1630-1648р. в Україні проводив більші геодезичні роботи французький інженер Г. Боплан. Він зробив точні на той час карти Київщини.

В 1720р. у Київській губернії працювали геодезисти. Ціль роботи: зйомка й опис території. Вони застосовували квадрант і астролябію, відстані вимірювали мотузками. Результатом роботи була карта губернії й повітів.

З 1766р. до 80-х років 19ст. більші геодезичні роботи в Україні виконувалися під час генерального межування. Результатом роботи геодезистів були топографічні, морські, економічні, геологічні карти. Виконувалися геодезичні роботи, пов'язані з побудовою шосейних і ґрунтових доріг. Підвищувалася точність геодезичних робіт.

Розвиток топографія й картографія на сучасному рівні в Україні починається з 17-18століття. Із цього часу практичну геометрію починають викладати в Києво-Могилянській академії, у Харківському коледжі, Львівському університеті.

В 1922р. - Харківський геодезичний і землевпорядний інститут.

В 1933р. - картографів готує Київський державний університет.

В 1958р. - Київський національний університет будівництва й архітектури.

По Росії:

1919р. - створена Державна картографо-геодезична служба, реорганізована в Головне управління геодезії й картографії.

В 1928р. - Центральний науково-дослідний інститут геодезії, аерогеодезії й картографії в Москві (ЦНИИГАиК) і мережа вузів (МИГАиК, НИИГАиК)

Останнім часом в Україні у зв'язку з реконструкцією а. буд., залізниць, з розширенням мережі трубопроводів і т.п. виконується значний обсяг геодезичних робіт.

Наприклад: геодезичні роботи під час вишукувань і реконструкції автомагістралі Київ - Одеса. Застосування електронних тахеометрів і САПР дало можливість повністю автоматизувати весь комплекс дослідницьких і проектних робіт.

Автомагістраль Київ - Одеса є інженерним спорудженням, до складу якого входять транспортні розв'язки, шляхопроводи й т.п.

Координацію й виконання топографо-картографічних робіт на території України здійснюють відповідні організації й служби.

Постановою Кабінету міністрів України №306 від 01.11.91 створене Головне управління геодезії, картографії й кадастру

Всі основні геодезичні, топографічні й картографічні роботи в Україні виконуються під загальним керівництвом **Державної служби геодезії, картографії й кадастру (Укргеодезкартографія)**. далі реорганізовано в департамент Укргеодезкартографія Міністерства екології й природних ресурсів України.

Топографо-геодезичні й картографічні роботи, починаючи з 1 січня 2007р., виконуються відповідно до Постанови Кабінету Міністрів України із застосуванням Державної геодезичної референтної системи координат УСК-2000.

Дослідницькі й проектні роботи, зв'язані з будівництвом і реконструкцією а. буд., виконують проектний інститут ДП «Укргіпродор» і АТЗТ «Києвсоюздорпроект». У Донецькій області - «Донгіпродор» (Донецьк).

У цей час із появою систем супутникової навігації «GPS» можливо швидко й з високою точністю визначити тривимірні координати крапок земної поверхні.

Досягнення геодезії, картографії, а/г, електронної, лазерної й космічної геодезії дозволяє розробляти й перейти до використання якісно нових технологій системного автоматизованого проектування, будівництва й експлуатації інженерних об'єктів

ЛЕКЦІЯ №2

Тема: СУЧАСНЕ УЯВЛЕННЯ ПРО ФІГУРУ Й РОЗМІРИ ЗЕМЛІ

План

1. Загальна фігура й розміри Землі. Геоїд. Еліпсоїд Ф.Н. Красовського.
2. Метод проєкцій.
3. Система географічних координат.
4. Визначення висоти точок земної поверхні.

1 ЗАГАЛЬНА ФІГУРА Й РОЗМІРИ ЗЕМЛІ. ГЕОЇД. ЕЛІПСОЇД Ф.Н.КРАСОВСКОГО

Поверхня Землі представляє складне сполучення нерівностей суші й океанів і називається фізичною або топографічною поверхнею.

На форму Землі істотно позначилося її обертання навколо своєї осі. Крапки, розташовані на приєкваторній території й при полярній мають різну далекість від осі обертання й утворюють різну по величині відцентрову силу. У цьому випадку Земля повинна придбати форму еліпсоїда обертання з малою віссю, що збігається з віссю Землі. Однак на формі Землі позначився й вплив чинності ваги, через нерівномірний розподіл мас, що складають земну кору. Це викликає відхилення напрямку чинності ваги в різних її крапках від напрямку до центра Землі.

За найбільш наближену фігуру Землі приймають фігуру, що утвориться урівненою поверхнею Світового океану в стані повного спокою й рівноваги й подумки продовжена під материками. Така фігура одержала назву геоїд (землеподібний).

Таким чином, замкнута поверхня в кожній своїй крапці перпендикулярна до напрямку чинності ваги (тобто горизонтальна) називається **уровенною поверхнею Землі** або **поверхнею геоїда**.

Фігура Землі обумовлена дією багатьох процесів, пов'язаних з її утворенням і існуванням. Вирішальне значення при цьому мають сили внутрішнього тяжіння і відцентрові.

Якби Земля була однорідна і нерухома, то під дією сил тільки внутрішнього тяжіння, як фігура рівноваги, вона б мала форму кулі. Унаслідок же відцентрової сили, викликані обертанням Землі навколо своєї осі, Земля прийняла б форму земного сфероїда, сплюснутого біля полюсів.

Уявити фігуру Землі як сфероїд можна з великим узагальненням. Реальна поверхня Землі - це поверхня материків, дна морів і океанів. Вона складна і нагадує сфероїд лише в цілому.

Для вивчення фігури Землі введено поняття рівневої поверхні, що обумовлене тим, що 3/4 її площі займають моря і океани. Та з них, яка співпадає з середньою поверхнею морів і океанів, що знаходяться в спокійному стані, називається основною рівневою поверхнею.

Геоїд - складна, замкнута фігура. Однією з її особливостей є те, що прямовисна лінія в будь-якій точці фізичної (реальної) поверхні Землі перпендикулярна до поверхні геоїда (основної рівневої поверхні), наприклад, прямовисна лінія MN (рисунок 1.1).

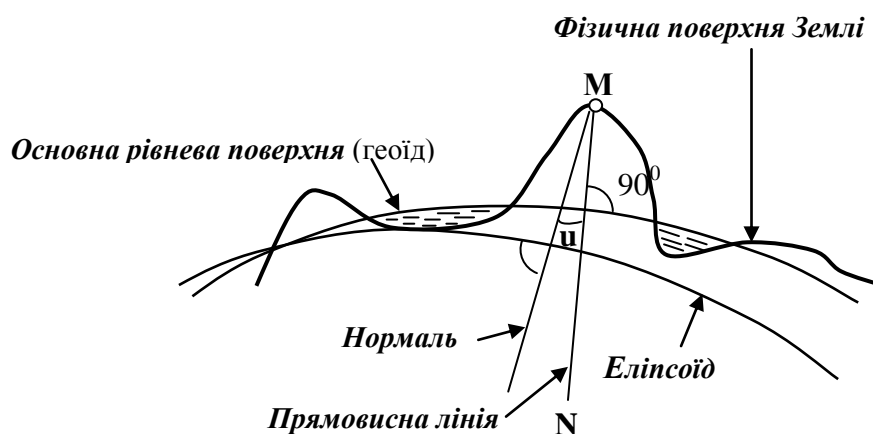


Рисунок. 1.1. – Поверхні геоїда та еліпсоїда

Слід зазначити, що унаслідок дії різних внутрішніх і зовнішніх сил геоїд є неправильною в математичному відношенні фігурою, тобто не може бути описаний математичним рівнянням. Це не дозволяє на поверхні геоїда виконувати обробку геодезичних вимірювань.

Разом з тим дослідженнями фігури Землі ученими різних країн встановлено, що відступи поверхні геоїда від поверхні правильної в математичному відношенні фігури - еліпсоїда незначні, не перевищуючі в найсприятливішому випадку 150 м, що нехтуючий мало в порівнянні з розмірами Землі.

Тому поверхня еліпсоїда, утвореного обертанням еліпса навколо його малої осі PP' (мал.2), приймають як математичну фігуру Землі і обробку геодезичних вимірювань виконують на його поверхні. **P**

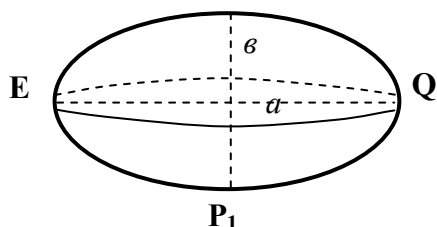


Рисунок 1.2 Земний еліпсоїд

Параметрами, що визначають розміри еліпсоїда, є велика a , мала b в напівосі і полярне стиснення α . Еліпсоїд з параметрами a і b , визначеними за із вимірювань на земній поверхні, називають *земним еліпсоїдом*.

Земний еліпсоїд, що характеризує Землю в цілому, називають загальноземним еліпсоїдом.

На поверхні такого еліпсоїда виконується обробка результатів геодезичних вимірювань на території Росії, країн СНД і деяких держав Західної Європи. Параметри цього еліпсоїда визначені колективом російських учених під керівництвом професора Ф.Н. Красовського і він носить назву референц-еліпсоїд Ф.Н. Красовського.

Поверхня геоїда не є геометрично правильною фігурою, тому що внутрішня будова Землі одернування й не має математичного закону вираження.

Найбільш близької до геоїда геометричною фігурою є земний еліпсоїд.

Еліпсоїдом називається фігура, що утвориться при обертанні еліпса навколо своєї малої осі (рис. 1.2).

Мала вісь (b) еліпсоїда збігається з полярною віссю Землі, більша вісь (a) – з екватором. Нормалі еліпсоїда й стрімкі лінії геоїда не збігаються й утворюють кут у крапках Землі (відхилення стрімкої лінії, середнє значення становить 3-4^{''}).

Розміри земного еліпсоїда виводилися неодноразово різними вченими:

У США - 1986р. - еліпсоїда Кларка;

У Фінляндії - еліпсоїда Хейфорда;

У Росії - до 1942р.- еліпсоїда Бесселя й ін.

В 30-тє роки під керівництвом Ф.Н.Красовского в ЦНИИГАиКє була почата обробка матеріалів радянських і закордонних учених з метою одержання більше точних розмірів. При цьому минулому використані результати астрономо-геодезичних вимірів у СРСР, США, Західній Європі. Новому еліпсоїду дали назва **еліпсоїда Ф.Н. Красовского** (квітень 1946р.) і стали застосовувати його при всіх геодезичних роботах.

Розміри еліпсоїда Ф.Н. Красовского:

- екваторіальна піввісь $a=6378,245\text{км};$

- полярна піввісь $b=6356,863\text{км}$

- полярний стиск $\alpha = \frac{1}{298,3} (\alpha = \frac{a-b}{a}).$

Всі попередні розміри були помилкові на 850м.

Земний **еліпсоїд**, прийнятий для виробництва всіх геодезичних робіт і орієнтований так, щоб поверхня еліпсоїда максимально наближалася до поверхні геоїда в даній країні, називається **референц-еліпсоїдом**.

Орієнтування залежить від вибору точки земної поверхні, у якій нормаль збігається зі стрімкою лінією.

Крапкою орієнтування **референц-еліпсоїда Ф.Н. Красовського** є центр круглого залу Пулковської обсерваторії.

Вибір центра залу як початок координат дуже вдалий, тому що поблизу його розташовується нуль-пункт Кронштадтського футштока, від якого вимірюються всі висоти в країні.

Від розмірів прийнятого еліпсоїда Ф.Н.Красовского залежить положення крапок, спроектованих на карту, їхнє взаємне розташування. При рішенні багатьох завдань допускається застосовувати Землю за кулю з радіусом $R=6371,117\text{км}$.

3 МЕТОД ПРОЕКЦІЙ

Для рішення різних практичних і інженерних завдань користуються зображеннями земної поверхні, які представляють у вигляді планів і карт, або у вигляді їхніх електронних аналогів - ЦММ, ЭК.

У геодезії, топографії й картографії використовується метод проекцій, так званий «ортогональний метод проекції». При цьому крапки земної поверхні A, B, Z, D, E проєктують стрімкими лініями на урівнену горизонтальну поверхню M, N і одержують горизонтальні проєкції відповідних крапок фізичної земний: a, b, z, d, e (рис.3.1).

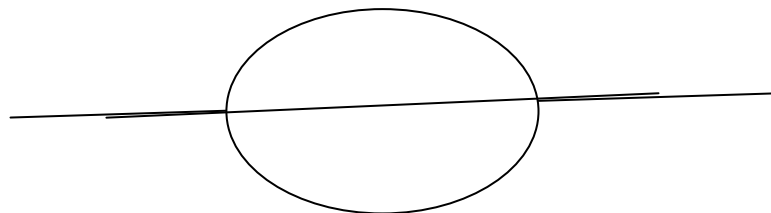


Рисунок 3.1 - Проекція земної поверхні на сфері

Ортогональні проєкції ліній і площ просторових об'єктів місцевості будуть у загальному випадку менше їхніх фізичних величин, а проєкції кутів – більше або менше фізичних величин.

Рівність фізичних величин і їхніх проєкцій забезпечується тільки для горизонтальних контурів земної поверхні.

При невеликих розмірах проєктованих ділянок місцевості (до 20км) їх можна зображувати на площині MN (мал.1.1).

Працювати із зображеннями контурів незручно, тому частіше використовують плоскі зображення земної поверхні.

Положення горизонтальних проєкцій крапок місцевості на урівненій поверхні MN може бути визначено координатами, узятими в якій-небудь системі.

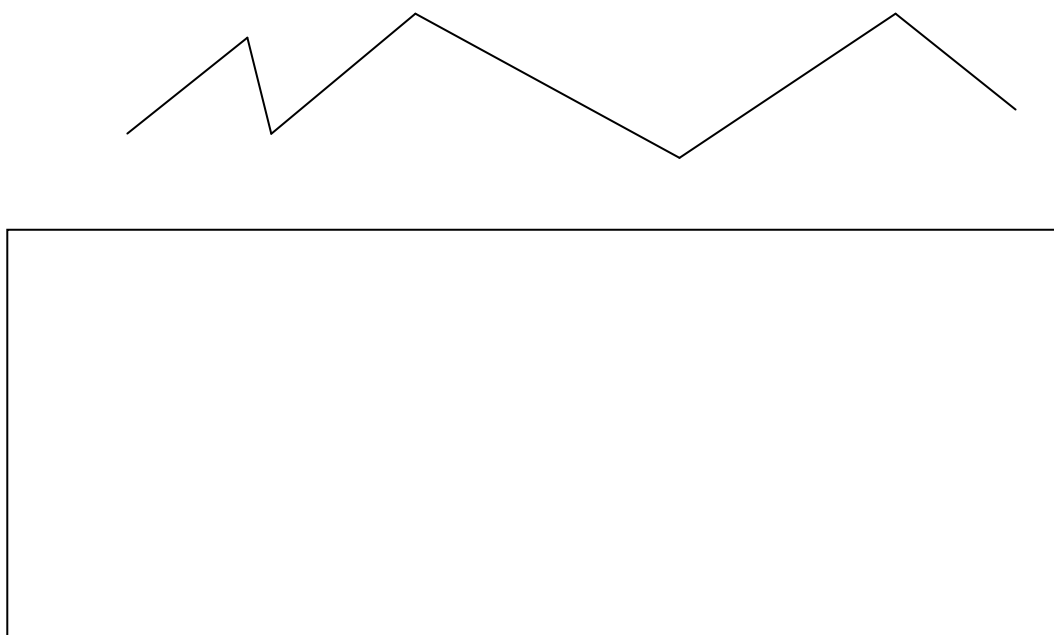


Рисунок 3.2 - Проекція земної поверхні на площині

Крім контурів місцевості необхідно знати і висотні положення крапок місцевості відносно урівненої поверхні (їхні висоти або глибини). Оскільки урівнених поверхонь можна провести незліченна безліч (паралельних земному сфероїду), те **висоти крапок, віднесені до рівня Світового океану, називають абсолютними, а віднесені до довільного урівненої поверхні – умовними.**

Найвища крапка Землі розташована в Гімалаях: пік Евересту на горі Джомолунгма (8848м над рівнем Світового океану), щонайнижча крапка - Маріанська западина в Тихому океані (11022м).

В Україні:

найвища крапка Землі - Карпати, гора Говерла (2061м);

щонайнижча крапка - глибина Чорного моря (2021м).

Завдання вивчення фізичної земної поверхні складається в:

- 1) визначення горизонтальних проєкцій крапок місцевості на урівненій поверхні щодо якої-небудь системи координат;
- 2) визначення висот або глибин крапок щодо цієї поверхні;
- 3) перетворення сферичної урівненої поверхні в плоску картографічну проєкцію.

3. СИСТЕМА ГЕОГРАФІЧНИХ КООРДИНАТ

3.1. Системи координат в геодезії.

У геодезії під координатами розуміють сукупність трьох чисел, що визначають положення точки земної поверхні на деякій початковій поверхні.

При визначенні координат точок земної поверхні в геодезії застосовуються такі системи координат:

- система астрономічних координат;
- система геодезичних координат;
- система географічних координат;
- система прямокутних координат;
- зональна система координат в проєкції Гаусса-Крюгера;
- система полярних координат.

а) система астрономічних координат

У системі астрономічних координат положення точки визначається на рівневій поверхні (поверхні геоїда) значеннями астрономічних широти φ і довготи λ , визначених за спостереженнями небесних світил. За початок відліку координат в даній системі приймають площину екватора EQ, перпендикулярну до осі обертання Землі, і площину початкового астрономічного меридіану PM_0 P_1 , якого прийнятий як Грінвічській меридіан (рис. 3.1.).

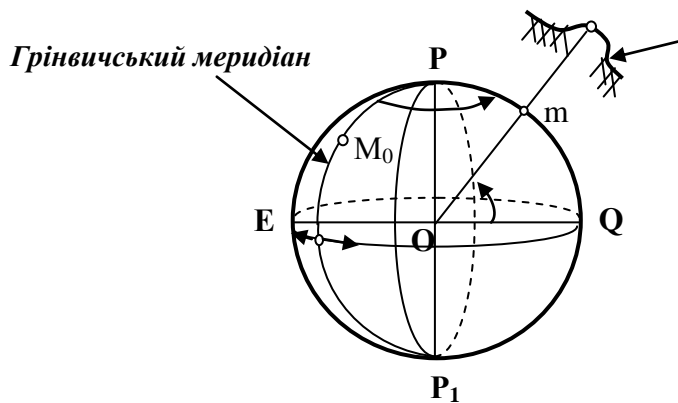


Рисунок. 3.1 - Система астрономічних координат

Астрономічна широта φ - кут, утворений перпендикуляром MO в даній точці і площиною екватора. Широти відлічуються на північ і південь від екватора від 0° до 90° . Вони південні, якщо точки розташовані на південь від екватора, і північні, якщо вони розташовані на північ від нього.

Астрономічна довгота λ - двогранний кут між площинами астрономічного меридіана даної точки PmP_1 і початкового меридіана PM_0P_1 . Довготи відлічують в градусній мірі від 0° до 180° або в годинній від нуля до 12 годин до сходу і заходу від початкового меридіана і називають східними і західними.

Третьою координатою в цій системі координат є **ортометрична висота H_0** - висота точки M фізичної поверхні Землі над поверхнею геоїда (мал.3).

Положення крапок земної поверхні визначають щодо координатних площин:

- 1) площина екватора земного еліпсоїда;
- 2) площина початкового меридіана, що проходить через Гринвичську обсерваторію, розташовану на окраїні Лондона.

За початок відліку висот приймають середній рівень Світового океану. У Росії й в Україні відлік абсолютних висот ведуть від нуля Кронштадтського футштока - мідна дошка з горизонтальною рисою, врізана в гранітну підвалину моста через обвідної канал у Санкт-Петербурзі.

Географічними координатами є: географічна широта - φ і географічна довгота - λ .

Географічною довготою називають двогранний кут між площиною меридіана, що проходить через крапку M , і площиною початкового меридіана (мал.1.1).

Довгота відлічується від початкового меридіана в напрямку із заходу на схід від $0^{\text{про}}$ до $180^{\text{про}}$ або в обидва боки із вказівкою відповідного напрямку (західна або східна).

Географічною широтою називають кут, утворений нормаллю до поверхні земного еліпсоїда в даній крапці M і площиною екватора (рис.3.1).

Нормаль – це пряма перпендикулярна до площини торкання еліпсоїда в цій крапці.

Широта відлічується від екватора до півночі (називається північної, зі знаком «+») і до півдня (називається південної, зі знаком «-»). Широта має значення від $0^{\text{про}}$ до 90° .

Географічною висотою крапки M називають відстань по нормалі від цієї крапки до поверхні земного еліпсоїда.

Географічними координатами дозволяють обробляти результати геодезичних вимірів у єдиній системі координат для всієї поверхні Землі.

б) Система географічних координат

Геодезичні і астрономічні координати точок мають між собою принципову відмінність, що виражається неспівпаданням поверхонь геоїда і еліпсоїда. Це неспівпадання виражається ухиленням u в даній точці прямовисної лінії від нормалі до поверхні еліпсоїда (рис 1.1.), яке може досягати декількох секунд дуги. Цими відмінностями в системах координат при виконанні високоточних геодезичних робіт не нехтують.

При виконанні *інженерно-геодезичних робіт*, як правило, немає необхідності розрізняти геодезичні і астрономічні координати, унаслідок чого користуються загальнішим поняттям - системою **географічних координат**, в якій широта і довгота позначаються відповідно φ , а $L = \lambda$.

Таким чином, систему географічних координат можна вважати єдиною і узагальненою для всіх точок земної поверхні, в якій рівнева поверхня приймається за поверхню кулі, а за початок відліку координат - початковий (Грінвічський) меридіан і площина екватора.

4 ВИЗНАЧЕННЯ ВИСОТИ ТОЧОК

Крім контурів місцевості необхідно знати і висотні положення точок місцевості відносно урівненої поверхні (їхні висоти або глибини).

Для визначення положення крапки на фізичній поверхні Землі використовують третю координату - висоту або глибину.

Висота точки – відстань по прямій (стрімкої) лінії від крапки до основної урівненої поверхні (рис.4.1).

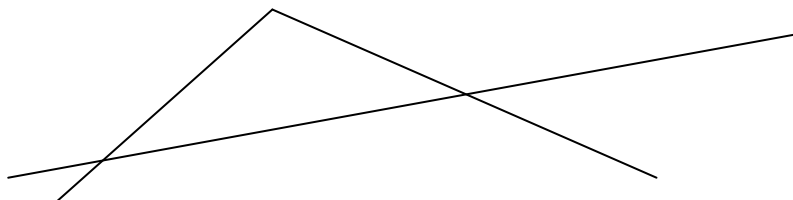


Рисунок 4.1 - Висота точки земної поверхні

У країнах СНД за основну урівнену поверхню приймають рівень Балтійського моря у Фінській затоці, за яким ведуть спостереження в Кронштадті за допомогою мореографа-регистратора. Мореограф-реєстратор установлений у спеціальному павільйоні біля моста в Обвідного каналу (С-Петербург).

Рівневих поверхонь можна провести незліченна множина (паралельних земному сферороїду).

Висоти крапок, віднесені до рівня Світового океану, називають **абсолютними**.

Висоти крапок, віднесені до довільного урівненої поверхні, називаються **умовними**.

Висоти називаються **позитивними**, якщо крапки місцевості розташовані вище урівненої поверхні (крапка З).

Висоти вважаються **негативними**, якщо крапки місцевості розташовані нижче урівненої поверхні (крапки В и А).

Перевищенням крапки називають висоту її над іншою крапкою земної поверхні:

$$h = H_A - H_B, \text{ м} \quad (4.1)$$

Перевищення можуть бути позитивними й негативними залежно від положення крапок.

У інженерній геодезії, як правило, немає необхідності розрізняти і викладені вище системи висот. При вирішенні різних інженерно-геодезичних задач користуються поняттями абсолютних, відносних і умовних висот точок.

Різниця висот двох точок називається *відносною висотою, або перевищенням*, що позначається через h .

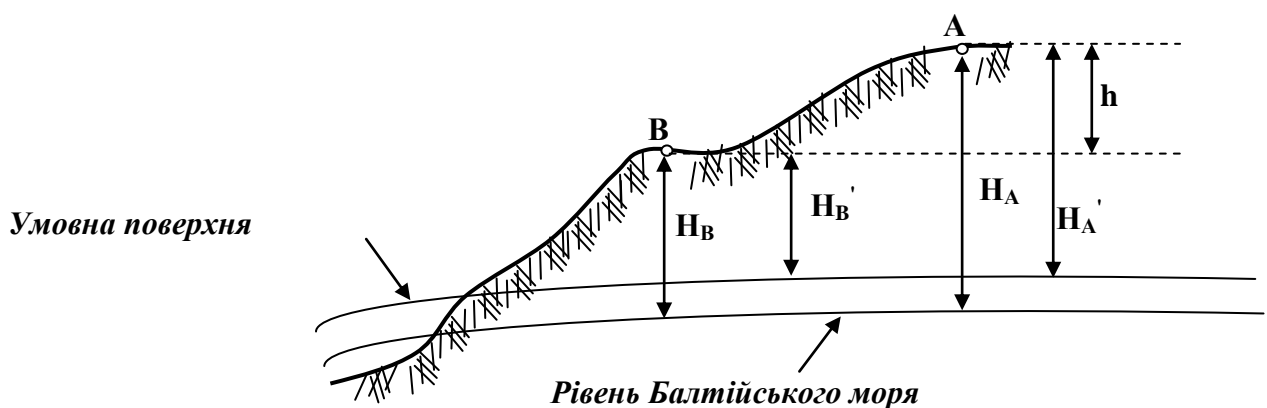


Рисунок. 4.2 - Система відліку висот

В Україні висоти точок земної поверхні відлічуються від середнього багаторічного рівня Балтійського моря. Тому система висот називається Балтійською.

