

**МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ВНУТРІШНІХ СПРАВ**

Кременчуцький льотний коледж

Циклова комісія аеронавігації

ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ

навчальної дисципліни

Авіаційна географія (Геоінформаційні системи та картографія)

обов'язкових компонент освітньої програми першого рівня вищої освіти

Аеронавігація

за темою №2 – Моделі, що вибрані для апроксимації земної поверхні

Кременчук 2023

ЗАТВЕРДЖЕНО

Науково-методичною радою
Харківського національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 30.08.2023 № 7

СХВАЛЕНО

Педагогічною радою
Кременчуцького льотного коледжу
Протокол від 28.08.2023 № 1

ПОГОДЖЕНО

Секцією Науково-методичної ради
ХНУВС з технічних дисциплін
Протокол від 29.08.2023 № 7

Розглянуто на засіданні циклової комісії аеронавігації
Протокол від 29.06.2023 №14

Розробник:

1. Викладач циклової комісії аеронавігації, спеціаліст 2-й категорії Ємець В.В.

Рецензенти:

1. Викладач циклової комісії аеронавігації, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, викладач-методист Тягній В.Г.
2. Професор кафедри аеронавігаційних систем навчально-наукового інституту Аеронавігації, електроніки та телекомунікації Національного авіаційного університету, доктор технічних наук, доцент Шмельова Т.Ф.

План лекції.

1. Форма і розміри Землі.
2. Основні точки та лінії на поверхні земного еліпсоїда.
3. Геодезичні координати
4. Астрономічні координати
5. Всесвітня геодезична система WGS-84 та її параметри.
6. Існуючі системи вимірювання часу

Рекомендована література:

Основна:

1. В.А. Кокорін, О.К. Шейгас, О.М. Шевченко та ін. Основи повітряної навігації. Навч. Посібник, Харків: ХНУПС, 2019 р.
2. Демін В.М. Теорія і практика використання карт в авіації. - М., Машинобудування, 1969
3. Аникін О.М., Малишевський О.В. Авіаційна картографія: навч. посіб. – Л.:ОЛАГА, 1987.

Додаткова:

4. Лебедев М.І. Літаководіння. Навч. посібник – Ставрополь, 2003
5. Світова геодезична система координат WGS-84. Основні положення, зв'язок з іншими геодезичними системами. Наказ Міністерства екології та природних ресурсів України № 467 від 14.12.2001 р.

Інформаційні ресурси в мережі Internet

1. Форма і розміри Землі

Початком вивчення фігури Землі є наукове обґрунтування її сферичності. Вперше цю ідею висунув Піфагор (571 - 497 р. до н.е.). Перше історичне відоме визначення розмірів Землі як сфери виконав олександрійський вчений Ератостен (278 - 196 р. до н.е.). Він обчислив, що довжина 1° дуги меридіану дорівнює 110,14 км, тобто радіус земної сфери 6314 км. В 1669 - 1670 р. французький вчений Пікар шляхом вимірювання довжини дуги меридіану від Парижу до Амьєну отримав довжину 1° 111,212 км, і отже, отримав величину радіусу Землі 6371,692 км.

Ісаак Ньютон на основі закону всесвітнього тяжіння доказав, що Земля повинна мати форму еліпсоїда обертання (так званого сфероїда) з невеликим стисканням по осі обертання. Але, фізична поверхня Землі, яка складається з поверхні материків та океанів, не є еліпсоїдом обертання і не може бути описаною математичним рівнянням. Для рішення практичних задач, пов'язаних з навігаційними розрахунками, обрана математична поверхня, яка найбільш близько відображає дійсну поверхню Землі. В якості такої поверхні приймається поверхня геоїда.

Геоїдом називається тіло, яке обмежена рівневою поверхнею, яка співпадає з поверхнею мирового океану в спокійному стані (тобто, в стані рівноваги води). Мировий океан – це поверхня морів і океанів, пов'язаних між собою і утворюють єдину водну масу.

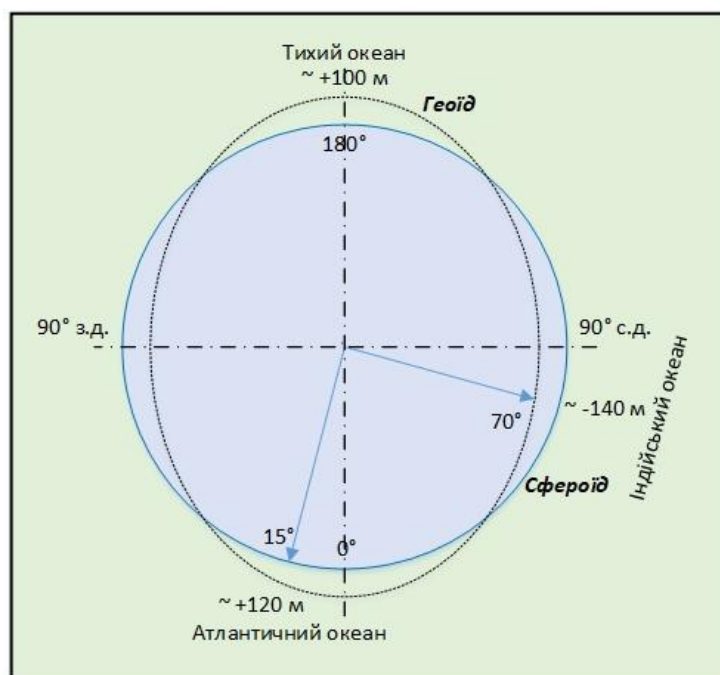


Рисунок 1.1 Співвідношення поверхонь геоїда і земного сфероїда

Найближче всього геоїд підходить до трьохосного еліпсоїда, параметри якого:

- середній радіус екватора – 6 378 245 м;
- полярне стискання – 1:208,3;
- екваторіальне стискання – 1:30 000;
- довготу найбільшого меридіану, яка рівна 15° к сходу від Гринвіча.

В практичних цілях екваторіальним стисканням нехтують і обирають еліпсоїд обертання таких розмірів, щоб він в межах даної території (даної держави або групи держав) ближче всього підходив до поверхні геоїда. Такий еліпсоїд називається референц-еліпсоїдом (РЕ). В Україні і ряді інших держав в якості РЕ прийнятий еліпсоїд Красовського, елементи якого мають такі значення:

- велика піввісь (радіус екватора) $a = 6378245 \text{ м}$;
- мала піввісь (відстань від полюсу до площини екватора) $b = 6356863 \text{ м}$;
- стискання $c = \frac{a-b}{a} = \frac{1}{298,3} = 0,00335233$;
- перший меридіанний ексцентриситет $e = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{a} = 0,081813334$;
- другий меридіанний ексцентриситет $e' = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{b} = 0,0820885217$

Відхилення еліпсоїда Красовського від поверхні геоїда не перевищує 40 м.

2. Основні точки та лінії на поверхні земного еліпсоїда

Земний еліпсоїд є геометричне тіло, яке утворюється обертанням еліпсу $P_N E P_S E'$ навколо осі $P_N P_S$ (рис.1.2). Точки пересічення осі з поверхнею еліпсоїда називаються північним (P_N) і південним (P_S) полюсами.

Переріз еліпсоїда площиною, яка перпендикулярна осі обертання, утворює окружність, яка називається паралеллю.

Паралель, з радіусом, який дорівнює великій осі еліпсоїда, називається екватором, площина якого проходить через центр еліпсоїда і поділяє його на північну та південну півкулі.

Переріз еліпсоїда площиною, яка проходить через ось обертання $P_N P_S$, утворює з його поверхнею меридіан, який являє собою еліпс з піввісями a і b .

Проведемо через точку C на поверхні еліпсоїда площину kk' , дотичну до поверхні еліпсоїда. Перпендикуляр CO' до цієї площини називається нормаллю к поверхні еліпсоїда в точці C .

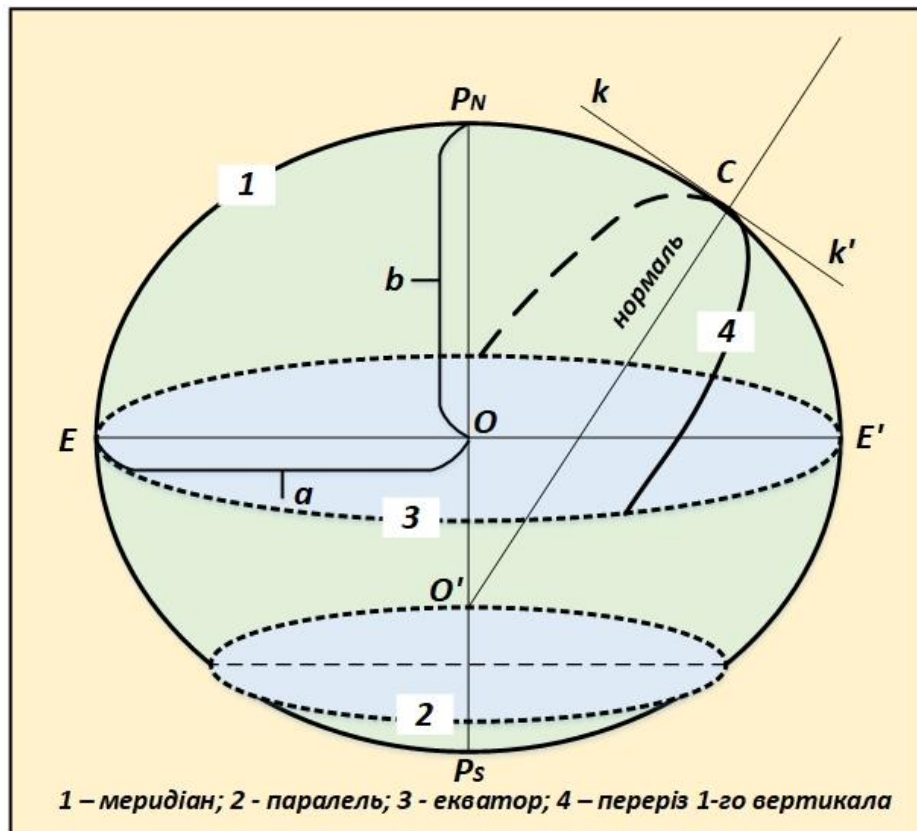


Рисунок 1.2 Основні перерізи та лінії еліпсоїда

Площина, яка проходить через нормаль, називається нормальною, а слід от її перерізу з поверхнею еліпсоїда – нормальним перерізом, або вертикалом.

Нормальний переріз, що перпендикулярний до меридіану, називається перерізом першого вертикала. Меридіанний переріз і переріз першого вертикала називаються головними перерізами еліпсоїда в даної точці.

Поверхня еліпсоїда в різних її точках має різну кривину, яка залежить від широти точці і напрямку нормального перерізу.

Радіус кривини головних перерізів еліпсоїда в точці C з широтою B визначаються співвідношеннями:

$$M = a(1 - e^2) \cdot (1 - e^2 \sin^2 B)^{-\frac{3}{2}};$$

$$N = a(1 - e^2 \sin^2 B)^{-\frac{1}{2}}$$

де M – радіус кривини меридіана;

N – радіус кривини 1-го вертикала;

a – велика піввісь земного еліпсоїда;

e – 1-ий меридіанний ексцентриситет.

Середній радіус кривини R_{cp} дорівнює середньому геометричному з радіусів нормальних перерізів:

$$R_{cp} = \sqrt{M \cdot N} = \frac{a\sqrt{1-e^2}}{1-e^2 \sin^2 B}$$

Значення радіусів кривини головних нормальних перерізів і середнього радіуса кривини потрібні для виконання геодезичних та картографічних обчислень.

3. Геодезичні координати

Положення точки на поверхні земного еліпсоїда визначається геодезичними координатами – широтою (B) і довготою (L).

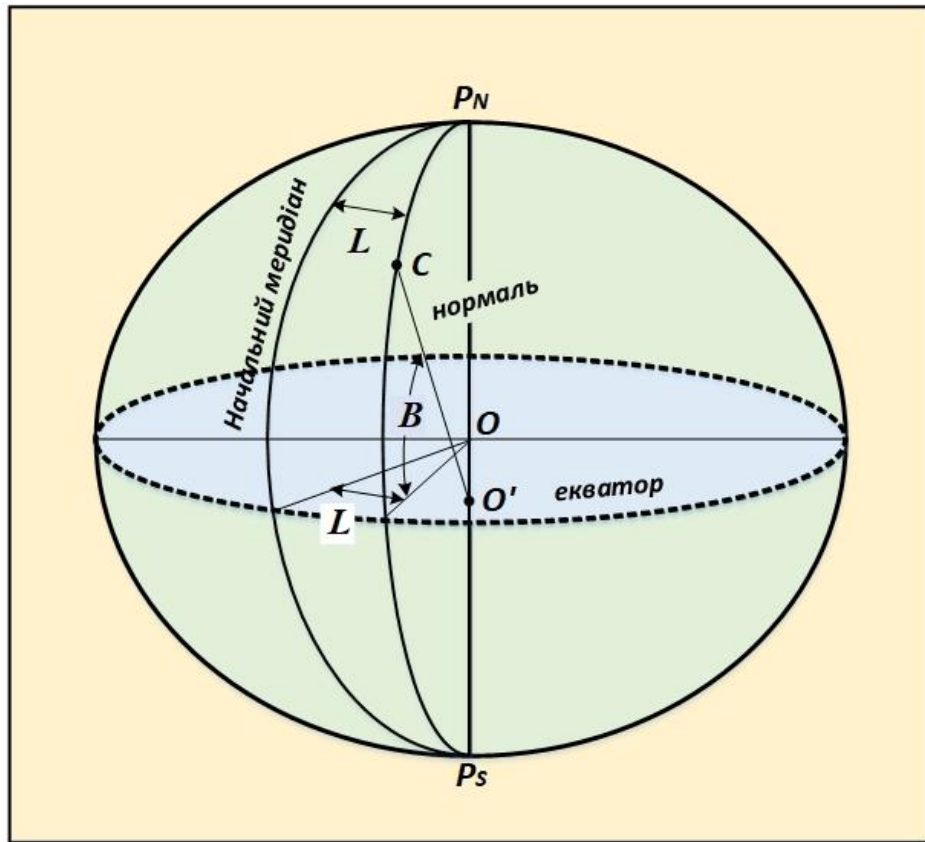


Рисунок 1.3 Геодезичні координати

Геодезичною широтою точки C називається кут B , який замкнений між площиною екватора і нормаллю до поверхні еліпсоїда в даній точці (рис.1.3). Широта відраховується від площини екватора (0°) до полюса (90°). Якщо точка розташована на північ від екватора, то широта називається *північною* і має знак «+». Якщо точка розташована на південь від екватора, то широта називається *південною* і має знак «-».

Нормаль CO' до поверхні еліпсоїда не проходить через центр еліпсоїда, тому його не можливо виміряти центральним кутом, а також не можливо виміряти його дугою меридіана, так як його кривина є змінною величиною:

- на полюсі 1° дуги = 111 695 м;
- на екваторі 1° дуги = 110 576 м.

Максимальна різниця в 1° дуги = 1119 м.

Геодезичною довготою називається двогранний кут L , який замкнутий між площинами начального меридіана і меридіана даної точки. Довгота вимірюється або центральним кутом в площині екватора (в площині паралелі), або дугою екватора від начального меридіана до меридіана точки C в межах від 0° до 180° до сходу (східна довгота - позитивна) або до заходу (західна довгота - негативна). При розв'язанні деяких задач довгота відраховується тільки на схід від 0° до 360° .

За початковий меридіан прийнятий гринвічеський меридіан, який проходить через центр Гринвічеської обсерваторії біля Лондона.

4. Астрономічні координати

Астрономічні координати (астрономічна широта - φ_* і астрономічна довгота - λ_*) використовуються для визначення положення точок на поверхні земного геоїда, які одержуються шляхом математичної обробки результатів астрономічних вимірювань.

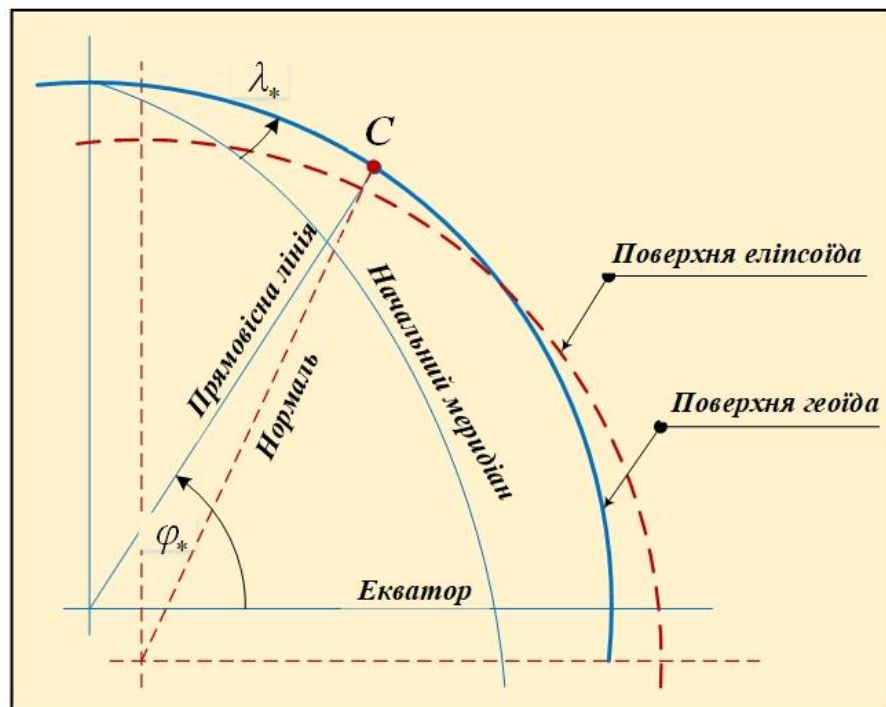


Рисунок 1.4 Астрономічні координати

За основу береться прямовісна лінія, яка визначається за допомогою геодезичних інструментів. Вона співпадає з напрямом прискорення сили

тяжіння. Площина астрономічного меридіана проходить через прямовисну лінію в даній точці паралельно осі обертання Землі.

Астрономічною широтою точки C називається кут φ_* (рис.1.4), замкнений між площиною екватора і напрямом прямовисною лінією, в цієї точці. Прямовисна лінія не співпадає з напрямом нормалі до поверхні еліпсоїда. Її напрям залежить від розподілення різних по щільності мас в тілі Землі, які розповсюджені нерівномірно, тому відхилення прямовисної лінії від нормалі різні в різних точках Землі. Найбільша різниця у відхиленні має місце в гірських районах (наприклад, в районах Кавказ воно досягає 35").

Астрономічною довготою точки C називається кут λ_* , замкнений між площинами Гринвічеського меридіана і астрономічного меридіана в даній точці.

Таким чином, астрономічні координати не співпадають з геодезичними. Значення геодезичних координат залежать від орієнтування референц-еліпсоїда в тілі геоїда. Еліпсоїд Красовського зорієнтований так, що в початковому пункті тріангуляції геодезичні координати і азимут заданого орієнтиру дорівнює астрономічним координатам. Висота геоїда над референц-еліпсоїдом в цьому пункті дорівнює нулю. За такий пункт прийнято Пулковську обсерваторію з координатами:

$$B_0 = \varphi_{*0} = 59^\circ 46' 15'', 359$$

$$L_0 = \lambda_{*0} = 30^\circ 19' 28'', 318$$

Мала ось і екватор референц-еліпсоїда відповідно паралельні осі обертання і екватору Землі.

Система координат, що віднесена до еліпсоїда Красовського називається *системою координат 1942 р.* Одночасно з введенням цієї системи була прийнята Балтійська система висот, по якій рахунок висот над рівнем океану ведеться від нуля кронштадтського футштока.

Іноді використовують термін географічні координати. Сьогодні під цим терміном об'єднують обидві системи координат: астрономічні і геодезичні.

5. Всесвітня геодезична система WGS-84 та її параметри

WGS84 - аббревіатура, яка означає **World Geodetic System**, що в перекладі відповідає поняттю глобальна опорна система, що була прийнята на момент 1984 року з метою геодезичного забезпечення орієнтування в світовому просторі: космічній, повітряній, морської та наземної навігації.

Така єдина світова система відліку з'явилася не в один рік. З кінця п'ятдесятих років минулого століття, коли практично відбувалося становлення космічної ери і в СРСР, і в США виникла потреба в точному

проведенні і супроводі космічних запусків і польотів. Для забезпечення цієї діяльності необхідно було створити єдину планетарну геодезичну мережу, за допомогою якої можливо було вести геодезичні, гравіметричні і астрономічні спостереження.

З періодичним постійністю через кожні шість років, починаючи з 1960 року, в США були створені всеземні геодезичні системи WGS60, WGS66, WGS72. Остання з перерахованих систем WGS, вважалася геодезичною основою першої навігаційної супутникової системою Transit.

У 1980 році Міжнародним союзом по геодезії була прийнята нова геодезична референсна система **GRS80**. У ній було представлено поєднання моделей: геоїда, земного еліпсоїда і гравітаційної моделі Землі. У США в 1983 році взяли свою геодезичну систему **NAD83**.

І все ж в 1984 році в рамках Міністерства оборони Сполучені Штати Америки приймають рішення про побудову для своїх цілей, як військового відомства і навігаційних супутникових завдань нової WGS з річною нумерацією 84. Для цього на той час стала використовуватися навігаційна супутникова система **GPS Navstar**, яка отримала в наслідок глобальне поширення і застосовується в усьому світі до теперішнього часу. Введена WGS84 була в 1987 році і за своїми параметрами близька до NAD83.

5.1 Опис WGS 84

Світова система WGS84 являє собою астрономо-геодезичну-гравіметричну систему відліку, вписану в фігуру Землі. Таким чином, загальноземний еліпсоїд WGS84 – це геодезичний еліпсоїд з фіксованою загальноземною системою координат. Він задається набором констант та параметрами моделі еліпсоїда, які описують розміри і форму Землі, її гравітаційні та магнітні поля. WGS84 є стандартним загальноземним еліпсоїдом, прийнятим за глобальну координатну систему Департаментом оборони США, а також системою координат глобальної системи позиціонування (**GPS** – Global Positioning System). Вона сумісна з Міжнародною землею системою координат (**ITRS** – International Terrestrial Reference System), яка описує процедури для вимірювання земних координат. В даний час WGS84 (G1674) дотримується критеріїв, описаних у технічному поясненні TN-21 Міжнародної служби обертання Землі (**IERS**). Відповідальною організацією є Національне управління геопросторової розвідки (**NGA**). Щоб поєднати WGS84 з правилами Конвенції 2010 IERS (технічне пояснення TN36) NGA планувало провести регулювання координатної системи WGS84:

- **Origin** (Початок координат): за початок системи координат прийнято центр мас Землі, включаючи океани та атмосферу;
- **Z-Axis** (Вісь Z): спрямована на опорний полюс, визначений Міжнародною службою обертання Землі (IERS Reference Pole). Цей напрямок відповідає напрямку на умовний полюс Землі (ВІН

Conventional Terrestrial Pole, на період 1984.0) з похибкою 0.005";

- **X-Axis** (Вісь X): лежить у площині опорного меридіана (IERS Reference Meridian) і проходить через початок координат за нормаллю до осі Z. Опорний меридіан (IRM) збігається з нульовим меридіаном (BIH Zero Meridian, на період 1984.0) з похибкою 0.005";
- **Y-Axis** (Вісь Y): Доповнює геоцентричну фіксовану систему ортогональних координат до правої;
- **Scale** (Масштаб): масштаб структури Землі узгоджується з альтернативною теорією гравітації (Relativistic theory of gravitation), поєднаний із ITRS;
- **Orientation** (Орієнтація): представлена Міжнародним Бюро Часу (Bureau International de l'Heure);
- **Time evolution** (Тимчасовий розвиток): зміна в часі не створює жодних неув'язок глобального обертання щодо земної кори.

5.2 Параметри

WGS84 може бути ідентифікована за допомогою чотирьох параметрів:

- велика піввісь еліпсоїда WGS84;
- коефіцієнт стиснення Землі;
- номінальна середня кутова швидкість Землі;
- геоцентрична гравітаційна постійна.

Значення параметрів представлена в таблиці:

Параметр	Позначення	Значення
Велика піввісь (semi-major axis)	<i>a</i>	6378137.0 м
Коефіцієнт стиснення (flattening factor)	<i>1/f</i>	298.257223563
Номінальна середня кутова швидкість (nominal mean angular velocity)	<i>ω</i>	$7292115 \cdot 10^{-11}$ рад/с
Геоцентрична гравітаційна стала (geocentric gravitational constant)	GM	$3986004,418 \cdot 10^8$ м ³ /с ²

Значення GM містить масу атмосфери Землі. Користувач глобальної системи позиціонування (GPS) повинні пам'ятати значення WGS84 GM, що дорівнює $3986005,0 \cdot 10^8$ м³/с², визначене в контрольному документі GPS (ICD-GPS-200) і в технічному звіті 8350.2 NIMA (Technical).

Для будь-якої такої системи характерними є встановлення певних параметрів. До таких параметрів в системі відліку WGS84 відносяться:

- геоцентрична прямокутна система координат з початком в точці

геометричного центру мас Землі (показана на рис.1);

- математична основа, за яку прийнята форма еліпсоїда обертання з конкретними геометричними і фізичними величинами;
- гравітаційна модель Землі, з певними на конкретну дату величинами і їх значеннями.

Орієнтування осі OZ прямокутної системи координат представлено в сторону умовного напрямки на полюс, встановленого відповідно до даних Міжнародного бюро часу (BIH) на дату 1984 року. У перетині площині нульового меридіана (Гринвічеського) з відхиленням в $5,31''$ (~ 100 м) на схід і екваторіальній площині орієнтована вісь OX . Правосторонній спрямована і перпендикулярна до осі OX в площині екватора, якщо можна так висловитися друга планова вісь OY , завершує формування геометрії відлікової системи. Для виключення плаваючого ефекту через рух земної кори, тектонічних плит орієнтація осей X , Y , Z залишається незмінною.

Фізична орієнтація осей X , Y , Z в WGS84 визначалася координатами на п'яти контрольних станціях навігаційної супутникової системи GPS Transit на дату 1984 року

Надалі кількість опорних точок зросло до сімнадцяти і перевизначилась два рази вже з застосуванням діючої навігаційної супутникової системою GPS Navstar. У 2002 році була прийнята остання версія WGS84, в якій була досягнута висока точність визначення прямокутних координат (X , Y , Z), геодезичних координат (B , L) і геодезичних висот над рівнем сфероїда (H). Таким чином, еліпсоїд був прив'язаний фізично до земної поверхні.

5.3 Міжнародна геодезична система координат

Одночасно з початком дії WGS84 в 1987 році були закладені основи нової світової геодезичної системи в рамках міжнародної служби обертання Землі (IERS). Крім інших функціональних завдань з оцінки параметрів Землі цією службою були застосовані міжнародні земна система відліку (ITRS) і відлікова основа (ITRF). Якщо коротко, то відмінності між ними полягають в наступному. В системі відліку (ITRS) визначаються і встановлюються параметри геодезичної, математичної, фізичної (гравіметричної) Земних моделей. У відліковій основі (ITRF) відбувається фізичне побудова і закріплення свого роду каркаса у вигляді опорних станцій з фактичними їх координатами, через які реалізується практично глобальна геодезична система.

Більш просто можна пояснити шляхом наступного прикладу. Стоїть завдання побудувати на площині паперового листа, наприклад, формату А-1 прямокутну систему координат з початком в центрі цього листа, а осі OX і OY повинні бути паралельні краях формату.

Таке завдання можна вирішити двома способами. У першому з них центр отримати при з'єднанні між собою діагоналей. Другим способом можливе знаходження всіх чотирьох центрів сторін прямокутника, яким є

формат паперу. Поєднавши між собою центри сторін, отримують центр листа. В ідеалі дві точки повинні збігати. Але найімовірніше це не відбудеться через похибки визначення середини сторін. Далі графічна точність проведення діагоналей саме з кутів також внесе свої неточності. Чи не ідеальний, можливо, і прямокутний аркуш паперу, його краю можуть бути не паралельні. При графічному побудові безпосередньо з точки центру осей координат виникають інструментальні похибки лінійки, олівця, транспортира.

Очевидно, можуть вийти дві трохи відрізняються одна від одної системи координат з різними центрами і невеликими розворотами осей. Так ось сам лист, систему координат, її центр умовно можна віднести до системи відліку ITRS. А ось опорні мітки, наприклад, точки середини сторін формату закріплюють систему координат на папері і відносяться за аналогією умовно до відлікової основі ITRF.

Відносно фігури Землі і визначення, наприклад, її центру мас в якості початку геоцентричної системи координат значно складніше. Фізично його НЕ накреслити олівцем. В якості опорних міток для WGS84 на рис.2 виступають контрольні станції, закладені вздовж лінії екватора. Система координат в WGS84 і система відліку в ITRS теоретично однакові. Однак, точність прив'язки до початку відліку в центрі мас нашої планети вище з огляду на те, що в відліковій основі ITRF знаходяться сотні таких опорних міток

До теперішнього часу в ITRF, як фізичного втілення світової геодезичної мережі, спостерігається близько 800 станцій з GPS-приймачами Navstar. Періодично відбуваються оновлення, уточнення, коректування вихідних координат як на станціях в WGS84, які можна вважати складовою частиною ITRF, так і в усій земній геодезичній основі.

Для формування повної і досить складною фізико-математичної картини під ім'ям Земля в якості параметрів переходу від геоїда до тривісна еліпсоїда обертання в WGS84 приймаються основні і допоміжні параметри, зазначені в таблиці нижче.

5.4 Основні математичні та фізичні параметри WGS84

Всі розміри і параметри еліпсоїда, обчисленого і прийнятого для використання в геодезичній середовищі окремої країни або глобальної мережі, такий як WGS84, мають свої значення, час (дату) обчислення і найменування «датум». Найбільш точними вважаються параметри (датум) ITRF, які щодоби контролюються супутниковими методами вимірювань координат на опорних станціях і щорічно публікуються із зазначенням дати.

Датум – набір параметрів, які використовуються для зміщення і трансформації референц-еліпсоїда в локальні географічні координати.

6. Існуючі системи вимірювання часу

В 1884 році Міжнародною конференцією в Вашингтоні (США) було рекомендовано для усіх вимірювання довготи і часу в якості початкового меридіану прийняти меридіан Гринвічу (Великобританія). Земна куля поділяється на пояси шириною 15° , кожному з яких приписується еталонний час, який відрізняється на ціле число від середнього сонячного часу на Гринвіцькому меридіані, який називається *середнім часом по Гринвічу (GMT)*. В 1928 році III Генеральна асамблея Міжнародного астрономічного союзу (МАС) рекомендувала введення терміну «усесвітній час» **UT (Universal Time)** для позначення середнього сонячного часу по Гринвічу з відліку від півночі. При цьому за одиницю часу прийнято середні сонячні сутки епохи спостереження і середня секунда, яка дорівнює $1/86400$ середніх сонячних суток.

Гринвіцький зірковий час в цієї момент визначається таким чином:

$$t_{\gamma_{zp}} = t_{\gamma} - t_{\lambda_A} \quad (1)$$

де: t_{γ} - місцевий зірковий час; t_{λ_A} - час в пункті з астрономічною довготою.

Всесвітній час:

$$UT = (t_{\gamma_{zp}} - t_{\gamma_0}) \cdot (1 - k_{UT}) \quad (2)$$

де: t_{γ_0} - зірковий час в Гринвіцьку півноч; $k_{UT} = 1/366.242$ - коефіцієнт переходу від зіркового часу до середнього сонячного.

Існують три різновиду UT:

1. **UT0** – середній сонячний час Гринвіцького меридіану, отриманий за допомогою безпосередніх астрономічних спостережень, яке визначається за формулою (2). Із-за нерівномірності добового обертання Землі UT0 є нерівномірним. Це пов'язане з рухом земних полюсів, сезонними змінами кутової швидкості Землі під дією геофізичних та метеорологічних факторів.
2. **UT1** – це час **UT0**, який відкоригований з урахуванням руху земних полюсів.
3. **UT2** – це час **UT1**, який відкоригований з урахуванням сезонних змін швидкості обертання Землі.

Список умовних скорочень

БНПК	Бортовий навігаційно-пілотажний комплекс
ПН	Повітряна навігація
ПС	Повітряне судно
ГПСК	Геоцентрична прямокутна система координат
ДВК	Дуга великого кола
ІНС	Інерційна навігаційна система
ВПМ	Вихідний пункт маршруту
ШСЗ	Штучний супутник Землі
КПМ	Кінцевий пункт маршруту
ЛБВ	Лінійне бічне відхилення
ЛЗШ	Лінія заданого шляху
ЛП	Лінія положення
ЛРА	Лінія рівних азимутів
ЛРВ	Лінія рівних відстань
ЛРРВ	Лінія рівних різниць відстаней
МАС	Міжнародна астрономічна спілка
МБЧ	Міжнародне бюро часу
МПС	Місто повітряного судна
МГГС	Міжнародна геодезична і геофізична спілка
МСПР	Міжнародна служба полярного руху
МУП	Міжнародний умовний початок
НЗ	Нормальна Земля
НПК	Навігаційно-пілотажний комплекс
ОСК	Ортодромічна система координат
ЗЗЕ	Загально-земний еліпсоїд
ППМ	Площина початкового меридіану
ПрПМ	Проміжний пункт маршруту
ПСК	Прямокутна система координат
РПСК	Референтна прямокутна система координат
РСБН	Радіотехнічна система ближньої навігації
РСДН	Радіотехнічна система дальньої навігації
РЕ	Референт-еліпсоїд
ТПСК	Топоцентрична прямокутна система координат
УПР	Управління повітряним рухом
ЕСК	Еліпсоїдальна система координат
ЦОМ	Цифрова обчислювальна машина

