

ВИКОРИСТАННЯ GNSS-СПОСТЕРЕЖЕНЬ ДЛЯ ВСТАНОВЛЕННЯ ЗВ'ЯЗКУ МІЖ РЕФЕРЕНЦНОЮ І ГЛОБАЛЬНОЮ СИСТЕМАМИ КООРДИНАТ УКРАЇНИ

Пилип'юк Ростислав^{1}, Приходько Микола², Вінтоняк Василь³*

¹⁻² Кафедра геодезії та землеустрою, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна, *e-mail: rostok1009@gmail.com

³ Аспірант гр. А -101-23, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна

Анотація. У статті розглянуто основні підходи до вивчення фігури Землі та використання моделей для її опису. Пояснено різницю між загальним земним еліпсоїдом та референц-еліпсоїдом, їх значення для геодезичних та картографічних робіт. Зазначено, що глобальним стандартом є система WGS-84, створена на основі GRS-80, проте в Україні при реалізації системи координат УСК-2000 застосовується референц-еліпсоїд Красовського для збереження картографічної сумісності. Окрему увагу приділено системам просторових координат (геодезичним та геоцентричним) і залежності їхніх значень від параметрів вибраного еліпсоїда. Розглянуто роль глобальних навігаційних супутникових систем (GNSS) — GPS, ГЛОНАСС, GALILEO та COMPAS — у визначенні місцеположення точок та створенні геодезичних мереж. Наведено приклад організації перманентних станцій, зокрема роботи станції FRKV, встановленої у 2015 році на кафедрі «Інженерної геодезії» ІФНТУНГ, як елемента глобальної мережі компанії «Leica Geosystems».

Ключові слова: фігура Землі, загальний земний еліпсоїд, референц-еліпсоїд, WGS-84, УСК-2000, система координат, GNSS, GPS, перманентна станція, Leica Geosystems, FRKV.

Актуальність теми дослідження

Фігура нашої планети утворюється сушею і водною поверхнею.

Ця зовнішня поверхня є складною і не може бути описана математичними рівняннями. Тому її вивчення здійснюють відносно її моделі, якими є загальний земний еліпсоїд або референц-еліпсоїд.

Загальний земний еліпсоїд, який тепер використовується у світовій практиці для вивчення фігури Землі був започаткований Міжнародним геодезичним та геофізичним союзом у 1979 році, отримав назву GRS-80 (геодезична референцна система), а на його основі створений загальний земний еліпсоїд WGS -84, який став основною координатною поверхнею для вивчення фігури Землі у більшості країн світу, в тому числі і в Україні.

Референц-еліпсоїд – це певним чином зорієнтований у тілі Землі загальний земний еліпсоїд.

Його використовують для детального вивчення і картографування окремих територій земної поверхні окремі країни або групи країн.

Параметри референц-еліпсоїда можуть відповідати параметрам земного еліпсоїда WGS -84, а можуть бути і іншими. В Україні при запровадженні системи координат УСК-2000 використовується референц-еліпсоїд Красовського, що має параметри, які відрізняються від параметрів загального земного еліпсоїда WGS -84.

Це зроблено для того щоб, по можливості, не оновлювати картографічні матеріали на територію нашої країни.

Методика

Для визначення положення точок на земній поверхні найчастіше використовуються дві системи координат, пов'язаних з Землею: система просторових геодезичних координат B, L, H і система просторових геоцентричних координат X, Y, Z .

Очевидно, що для різних еліпсоїдів ці координати будуть мати різне значення, оскільки значення координат залежать від параметрів прийнятих еліпсоїдів.

Таким чином, одна і та ж точка буде визначатися різними значеннями координат у випадку застосування різних еліпсоїдів, як координатних поверхонь.

Така властивість координат дозволяє використовувати їх різниці для встановлення взаємозв'язку між параметрами координатних систем.

Найбільш поширеним способом визначення місцеположення точки на земній поверхні є методики, що базуються на використанні штучних супутників Землі як носіїв просторових координат.

За допомогою таких супутників утворюються навігаційні системи GNSS (Global Navigation Satellite System), серед яких найбільше поширеними є системи GPS (США), ГЛОНАСС (Росія), GALILEO (Європейський союз), COMPAS (Китай).

Виклад основного матеріалу

За допомогою цих систем на поверхні Землі створюються геодезичні мережі, пункти яких називаються перманентними станціями, і саме вони є носіями просторових координат на земній поверхні.

Одну з таких опорних геодезичних мереж створила фірма «Leica Geosystems».

В 2015 році, одним із пунктів цієї мережі, стала перманентна станція кафедри «Інженерної геодезії» ІФНТУНГ, що отримала назву FRKV.

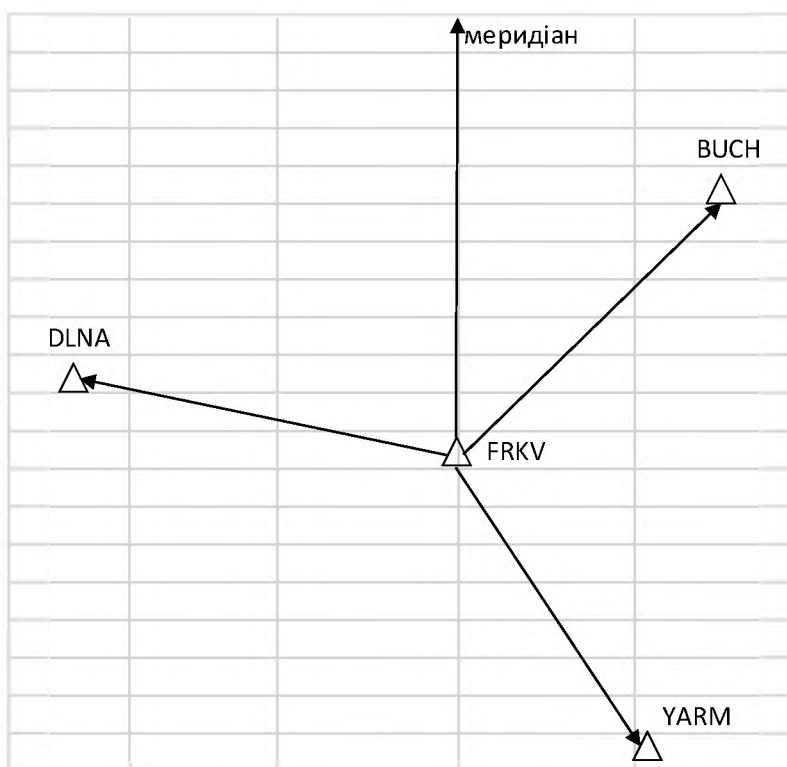


Рисунок 1. Схема розміщення перманентних станцій

За допомогою спеціальної апаратури на перманентних станціях ведуться регулярні спостереження штучних супутників Землі, що входять у навігаційні системи GPS і ГЛОНАСС.

Результати цих спостережень, після відповідного опрацювання, дозволяють обчислювати просторові координати пункту на певний момент часу в референційній системі координат WGS -84.

Метою даного дослідження є встановлення взаємного розміщення референц- еліпсоїда WGS -84 і референц- еліпсоїда Красовського а даними синхронних спостережень на чотирьох перманентних станцій: **BUCH** (Бучач), **DLNA** (Долина), **FRKV** (Івано-Франківськ), **YARM** (Яремче).

Для всіх цих станцій, на один і той же момент часу, визначалися просторові геодезичні координати В, L, Н в системі координат WGS -84 , значення яких приведені у таблиці 1.

Таблиця 1. Геодезичні координати пунктів (еліпсоїд WGS -84)

Назва пунктів	Геодезична широта	Геодезична довгота	Геодезична висота, м
BUCH	38,91348"	45,42823"	375,5860
DLNA	57,98916"	26,46176"	442,1208
YARM	51,99227"	51,69830"	581,5124
FRKV	47,02998"	40,33304"	305,7623

Для цих же пунктів розраховано значення просторових прямокутних координат X,Y,Z в системі координат УСК – 2000, які за відомим алгоритмом (Пилип'юк Р.Г., Пилип'юк Р.Р. 2013) переобчислені в просторові геодезичні координати В,L,Н на основі параметрів еліпсоїда Красовського.

Значення цих координат приведені в таблиці 2.

Таблиця2. Геодезичні координати пунктів (еліпсоїд Красовського)

Назва пунктів	Геодезична широта	Геодезична довгота	Геодезична висота, м
BUCH	39,70879"	51,30287"	343,1164
DLNA	58,84965"	32,37543"	407,8579
YARM	52,84801"	57,53901"	547,7345
FRKV	47,85772"	46,22642"	272,4060

Співставляючи дані таблиць №1 і №2, отримуємо різниці відповідних координат, значення яких приведені у таблиці 3.

Таблиця 3. Різниця просторових геодезичних координат

Назва пунктів	Різниця просторових координат		
	$\Delta B''$	$\Delta L''$	$\Delta H, м$
BUCH	-0,79531	-5,87465	32,4696
DLNA	-0,86049	-5,91367	34,2629
YARM	-0,85574	-5,84071	33,7779
FRKV	-0,82774	-5,89338	33,3563

Наявність різниць у просторових геодезичних координатах одних і тих же пунктів свідчить про не співпадання поверхонь референц – еліпсоїдів WGS -84 і Красовського.

Розраховані за приведеними в таблиці 3 даними зміщення по початковому меридіану становить $S_m = -25,57$ м, по паралелі – $S_p = -119,96$ м і за напрямком – азимутом $A = 257,^\circ 97$.

Схематично це зміщення можна характеризувати рисунком 2.

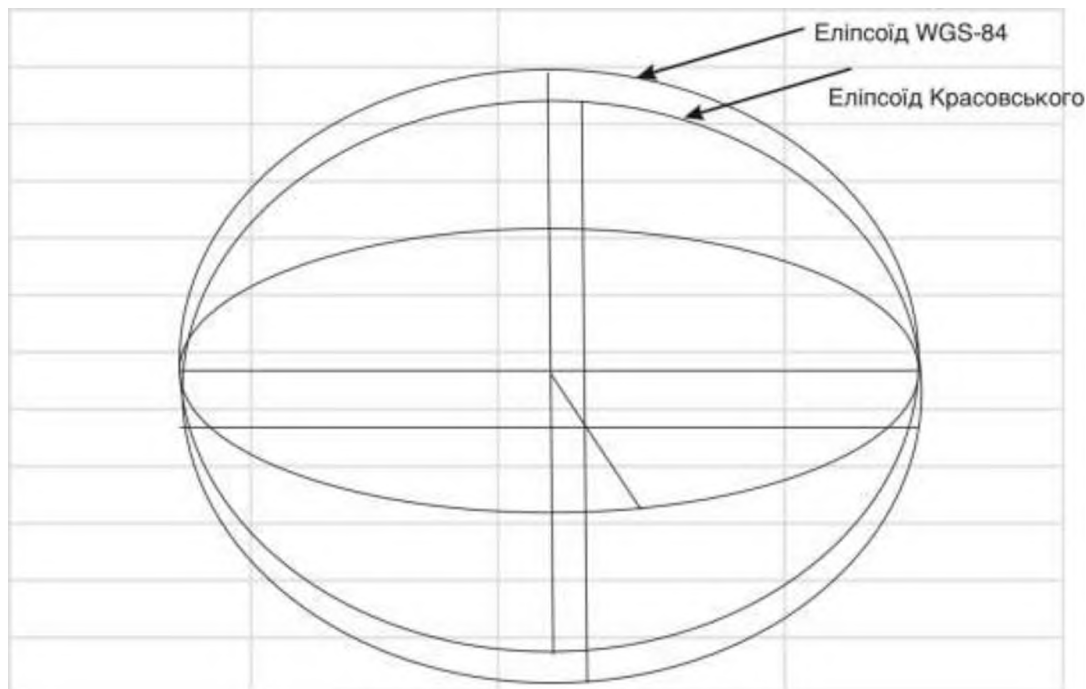


Рисунок 2. Взаємне схематичне розміщення референс-еліпсоїдів, що використовуються в Україні

Висновок

У статті підкреслено важливість правильного вибору моделі Землі та системи координат для точного виконання геодезичних і картографічних робіт. Продемонстровано, що використання сучасних глобальних та національних еліпсоїдів, а також GNSS-технологій забезпечує високоточне визначення місцеположення і ефективну інтеграцію в міжнародні геодезичні мережі. Наведений приклад роботи перманентної станції FRKV підтверджує практичну значущість цих підходів у створенні сучасної геодезичної інфраструктури.

Перелік літературних джерел

- Марченко О.М. (2013). Референсні системи в геодезії / О.М.Марченко, К.Р.Третяк, Н.П.Ярема.- Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2013.- 216с.
- Савчук С.Г. Вища геодезія (Сфероїдна геодезія): Підручник.- Львів: Ліга-Прес, 2000.- 248с.
- Пилип'юк Р.Г., Пилип'юк Р.Р. (2013). Вища геодезія (Сфероїдна геодезія): Практикум,- Івано-Франківськ: Видавництво Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу, 2013.- 188с.