

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

ННІ «Інститут геології»

Кафедра *геоінформатики*

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заступник директора інституту
з навчальної роботи

«26» 08 2022 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

СУПУТНИКОВА ГЕОДЕЗІЯ

(повна назва навчальної дисципліни)

для студентів

галузь знань **19 Архітектура та будівництво**
спеціальність **193 Геодезія та землеустрій**
освітній рівень **Бакалавр**
освітня програма **Геоінформаційні системи та технології**
спеціалізація
вид дисципліни **Обов'язкова**

Форма навчання	денна
Навчальний рік	2024/2025
Семестр	8
Кількість кредитів ECTS	4
Мова викладання, навчання та оцінювання	
українська	
Форма заключного контролю	іспит

Викладач: Ляшенко Дмитро Олексійович, доктор географічних наук, професор кафедри геоінформатики

Пролонговано: на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «_» 20__р.
(підпис, ПІБ, дата)

на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «_» 20__р.
(підпис, ПІБ, дата)

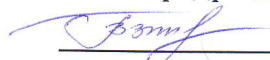
на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «_» 20__р.
(підпис, ПІБ, дата)

© Ляшенко Д.О. 2022 рік

КИЇВ – 2022

Розробник: *Ляшенко Дмитро Олексійович, доктор географічних наук, професор кафедри геоінформатики*

Зав. кафедри геоінформатики


(підпис) (Зацерковний В.І.)
(прізвище та ініціали)

Протокол № 1 від «26» 08 2022 р.

Схвалено науково - методичною комісією інституту **ННІ «Інститут геології»**

Протокол від «26» 08 2022 року №_1

Голова науково-методичної комісії 
(підпис) (Демидов В.К.)
(прізвище та ініціали)

Мета дисципліни – полягає в засвоєнні теорії використання супутникових технологій у вивченні форми, розмірів та гравітаційного поля Землі та визначення координат точок земної поверхні на основі супутникових даних.

Вимоги до вибору навчальної дисципліни: студенту необхідно володіти знаннями з курсів «Вищої математики», «Вищої геодезії», «Математичної обробки результатів геодезичних вимірів», навичками роботи з персональним комп'ютером (Excel).

Анотація навчальної дисципліни / референс:

Дисципліна складається питань теорії визначення фігури Землі, позиціонування та навігації (геометрична супутникова геодезія), визначення геоїда, поля тяжіння Землі та його змін у часі (динамічна супутникова геодезія) та вимірювання геодинамічних явищ, зокрема динаміки земної кори та рух полюсів а також практичних питань виконання та опрацювання ГНСС вимірів, трансформації координат пунктів між різними системами систему координат.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

знати:

- системи координат і часу, теорію незбуреного та збуреного руху ШСЗ, загальні принципи використання штучних супутників Землі (ШСЗ) в геодезичних цілях;
- основи використання супутникових методів для вивчення фігури, розмірів і зовнішнього гравітаційного поля Землі;
- створення геодезичних мереж методами супутникової геодезії;
- функціонування і використання глобальних супутникових навігаційних систем ГНСС.

Вміти:

- вирішувати задачі визначення положень ШСЗ (пряма задача),
- визначення координат пункту спостережень (обернена задача); проводити польові виміри ГНСС-приймачами в статичному й кінематичному режимах;
- використовувати програмні продукти для розрахунку результатів польових ГНСС-вимірювань, виконувати трансформацію координат.

Завдання:

- формування знань та вмінь в галузі супутникової геодезії і ознайомлення з її проблематикою;
- освоєння сучасних методів геодезичних вимірів та розрахунків для забезпечення отримання координат за допомогою ГНСС;
- знайомство з сучасними дослідженнями та розробками з актуальних проблем з геодинаміки та супутникової геодезії.

Результати навчання:

Результат навчання (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація; 4. автономність та відповідальність)		Форма/Методи викладання і навчання	Форма/Методи оцінювання	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Результат навчання			
1.1	Знати задачі супутникової геодезії. Вміти здійснювати аналіз методів супутникових геодезичних визначень	Лекція, лабораторне заняття.	Опитування	до 10%
1.2	Знати сутність методів супутникової геодезії. Вміти здійснювати розрахунки координат в різних системах координат та трансформацію координат між ними.	Лекція, лабораторне заняття.	Опитування Розрахункова робота	до 10%
1.3	Знати системи відліку координат та часу. Вміти здійснювати розрахунки параметрів орбіт за умов незбуреного	Лекція, лабораторне заняття.	Опитування Розрахункова робота	до 20%

	руху ШСЗ.			
1.4	Знати головні способи супутникових спостережень. Вміти здійснювати визначення різних координат за спостереженнями ШСЗ.	Лекція, лабораторне заняття. Самостійна робота	Опитування Розрахункова робота	до 20%
2.1	Знати особливості функціонування глобальних супутникових систем (GPS, GALILEO, ГЛОНАСС тощо).	Лекція, лабораторне заняття. Самостійна робота	Опитування Розрахункова робота	до 10%
2.2	Знати будову та функціонування системи GPS. Вміти аналізувати приймачі ГНСС. Та обирати оптимальні способи ГНСС-спостережень.	Лекція, лабораторне заняття. Самостійна робота	Опитування Розрахункова робота	до 10%
2.3	Знати моделі визначення координат пунктів та теорію обробки GPS-вимірів. Вміти обирати оптимальні пакети програм для обробки	Лекція, лабораторне заняття. Самостійна робота	Опитування Розрахункова робота	до 10%
3.1	Вміти організувати командну розробку для ефективного вирішення поставленої задачі	Лекція, Самостійна робота	Опитування	до 5 %
4.1	Розуміння особистої/персональної відповідальності за особисте рішення частини спільної задачі	Лекція, Самостійна робота	Опитування	до 5 %

Структура курсу: лекційні, лабораторні заняття, самостійна робота.

Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання (необов'язково для вибіркових дисциплін)

Результати навчання дисципліни	1.1	1.2	1.3	1.4	2.1	2.2	2.3	3.1	4.1
РН5. Застосовувати концептуальні знання природничих і соціально економічних наук при виконанні завдань геодезії та землеустрою.	+								
РН8. Брати участь у створенні державних геодезичних мереж та спеціальних інженерно-геодезичних мереж, організувати та виконувати топографічні та кадастрові знімання, геодезичні вимірювання, інженерно-геодезичні вишукування для проектування, будівництва та експлуатації об'єктів будівництва.		+							
РН9. Збирати, оцінювати, інтерпретувати та використовувати геопросторові дані, метадані щодо об'єктів природного і техногенного походження, застосовувати статистичні методи їхнього аналізу для розв'язання спеціалізованих задач у сфері геодезії та землеустрою.			+	+	+				

РН10. Обирати і застосовувати інструменти, обладнання, устаткування та програмне забезпечення, які необхідні для дистанційних, наземних, польових і камеральних досліджень у сфері геодезії та землеустрою.								+	+		
РН11. Організовувати та виконувати дистанційні, наземні, польові і камеральні роботи в сфері геодезії та землеустрою, оформляти результати робіт, готувати відповідні звіти.		+	+	+						+	+

**Схема формування оцінки:
Форми оцінювання студентів**

1. Семестрове оцінювання:

1) Модульна робота із «Основи супутникової геодезії» - 10 балів (рубіжна оцінка 6 балів);

2) Модульна робота із теми «Теорія та практика ГНСС вимірювань» – 10 балів (рубіжна оцінка 6 балів);

3) Оцінка за виконання лабораторних робіт – 40 балів (рубіжна оцінка 22 бали).

Лабораторна робота 1 – системи координат супутникової геодезії,

Лабораторна робота 2 – визначення координат супутника за елементами його орбіти,

Лабораторна робота 3 – визначення елементів незбуреної орбіти супутника,

Лабораторна робота 4 – підготовка даних для спостережень супутника,

Лабораторна робота 5 – визначення сферичних координат супутника за даними фотографічного методу спостережень,

Лабораторна робота 6 – визначення полярного стиснення Землі методами супутникової геодезії,

Лабораторна робота 7 – структура та призначення глобальної системи визначення місцеположення (GPS),

Лабораторна робота 8 – Планування геодезичного знімання GPS-методом,

Лабораторна робота 9 – Будова та призначення GPS-приймачів,

Лабораторна робота 10 – Обробка навігаційних повідомлень GPS-спостережень.

2. Підсумкове оцінювання у формі іспиту: Студент не допускається до підсумкового оцінювання, якщо під час семестру набрав менше ніж 36 балів. Під час іспиту студент відповідає на два теоретичні питання і виконує індивідуальне практичне завдання. Максимальна оцінка на іспиті 40 балів, рубіжна оцінка 24 бали.

Результати навчальної діяльності студентів оцінюються за 100 бальною шкалою. Підсумкова оцінка виставляється за результатами роботи студента впродовж усього семестру, як сума балів за систематичну роботу впродовж семестру, та кількості балів, отриманих на іспиті.

	Семестрова кількість балів	Іспит	Підсумкова оцінка
<i>Мінімум</i>	36	24	60
Максимум	60	40	100

Контроль здійснюється за модульно-рейтинговою системою. На протязі семестру студент повинен виконати 10 індивідуальних лабораторних завдань та виконати 2 письмові модульні контрольні роботи.

Організація оцінювання: Контроль здійснюється за модульно-рейтинговою системою та передбачає: виконання 10 лабораторних робіт (де студенти мають продемонструвати якість

засвоєних знань та вирішити поставлені задачі, використовуючи окреслені викладачем методи та засоби), виконання самостійних лабораторних робіт (де студенти мають продемонструвати якість засвоєних знань та вирішити поставлені задачі без обмеження інструментарію та техніки вирішення проблеми) та проведення 2 письмових модульних контрольних робіт. Підсумкове оцінювання проводиться у формі іспиту.

Шкала відповідності

Відмінно / Excellent	90-100
Добре / Good	75-89
Задовільно / Satisfactory	60-74
Незадовільно / Fail	0-59

СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ І ЛАБОРАТОРИХ ЗАНЯТЬ

№ п/п	Назва теми	Кількість годин		
		лекції	лабораторні	Самостійна робота
<i>7 семестр</i>				
<i>Розділ 1 Основи супутникової геодезії</i>				
1	Тема 1. Задачі та роль супутникової геодезії в господарстві.	2	4	10
2	Тема 2. Системи небесних та земних координат в геодезії	2	4	10
3	Тема 3. Системи відліку часу. Незбурений та збурений рух ШСЗ. Елементи орбіт. Диференціальні рівняння та прогнозування руху ШСЗ. Ефемериди ШСЗ.	2	4	10
4	Тема 4. Методи космічної геодезії та її основне рівняння. Способи супутникових спостережень. Визначення різних параметрів за спостереженнями ШСЗ.	2	2	10
	<i>Модульна робота 1</i>		2	
<i>Розділ 2 Теорія та практика ГНСС вимірювань</i>				
5	Тема 5. Глобальні навігаційні супутникові системи (GPS, ГЛОНАСС, GALILEO).	2	4	10
6	Тема 6. Будова та функціонування систем ГНСС Мережі перманентних станцій активних референціальних станцій ГНСС. Приймачі ГНСС. Способи ГНСС спостережень.	2	4	16
7	Тема 7. Моделі визначення координат пунктів. Теорія обробки ГНСС-вимірів. Пакети програм для опрацювання ГНСС-вимірів. RINEX-формат.	2	2	10
13	<i>Модульна робота 2</i>		2	
	ВСЬОГО	14	28	76

Загальний обсяг 120 год., в тому числі:

Лекції – 14 год.

Лабораторні заняття - 28 год.

Консультації - 2 год.

Самостійна робота - 76 год.

засвоєних знань та вирішити поставлені задачі, використовуючи окреслені викладачем методи та засоби), виконання самостійних лабораторних робіт (де студенти мають продемонструвати якість засвоєних знань та вирішити поставлені задачі без обмеження інструментарію та техніки вирішення проблеми) та проведення 2 письмових модульних контрольних робіт. Підсумкове оцінювання проводиться у формі іспиту.

Шкала відповідності

Відмінно / Excellent	90-100
Добре / Good	75-89
Задовільно / Satisfactory	60-74
Незадовільно / Fail	0-59

СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ І ЛАБОРАТОРИХ ЗАНЯТЬ

№ п/п	Назва теми	Кількість годин		
		лекції	лабораторні	Самостійна робота
<i>7 семестр</i>				
<i>Розділ 1 Основи супутникової геодезії</i>				
1	Тема 1. Задачі та роль супутникової геодезії в господарстві.	2	4	10
2	Тема 2. Системи небесних та земних координат в геодезії	2	4	10
3	Тема 3. Системи відліку часу. Незбурений та збурений рух ШСЗ. Елементи орбіт. Диференціальні рівняння та прогнозування руху ШСЗ. Ефемериди ШСЗ.	2	4	10
4	Тема 4. Методи космічної геодезії та її основне рівняння. Способи супутникових спостережень. Визначення різних параметрів за спостереженнями ШСЗ.	2	2	10
	<i>Модульна робота 1</i>		2	
<i>Розділ 2 Теорія та практика ГНСС вимірювань</i>				
5	Тема 5. Глобальні навігаційні супутникові системи (GPS, ГЛОНАСС, GALILEO).	2	4	10
6	Тема 6. Будова та функціонування систем ГНСС Мережі перманентних станцій активних референцних станцій ГНСС. Приймачі ГНСС. Способи ГНСС спостережень.	2	4	16
7	Тема 7. Моделі визначення координат пунктів. Теорія обробки ГНСС-вимірів. Пакети програм для опрацювання ГНСС-вимірів. RINEX-формат.	2	2	10
13	<i>Модульна робота 2</i>		2	
	ВСЬОГО	14	28	76

Загальний обсяг 120 год., в тому числі:

Лекції - **14** год.

Лабораторні заняття - **28** год.

Консультації - **2** год.

Самостійна робота - **76** год.

Теми для самостійного навчання:

1. Етапи розвитку супутникової геодезії та історія методів спостережень супутників
2. Незбурений рух супутників за Й. Кеплером
3. Фотографічні методи спостережень супутників
4. Радіотехнічні методи спостережень супутників
5. Супутникова триангуляція; комбіновані супутникові побудови; динамічні методи супутникової геодезії;
6. Спільне використання супутникових, гравіметричних та астрономо-геодезичних даних для визначення фігури Землі і її гравітаційного поля; основні концепції глобальних супутникових систем.
7. Встановлення зв'язку між геодезичними системами за допомогою супутників
8. Вирішення задач глобальної геодинаміки методами супутникової геодезії
9. Історія побудови світової геодезичної системи супутниковими методами
10. Геодезичні штучні супутники Землі. Історія
11. Інтерферометричні спостереження
12. Система NAVSTAR США - історія та сьогодення
13. Синхронні спостереження супутників в геодезії
14. Система GALILEO - історія та сьогодення
15. Фотографічні спостереження супутників в геодезії
16. Допплерівські спостереження супутників
17. Історія методу лазерної локації в космічній геодезії
18. Китайська система Compass - Бейдоу

РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА:

Основні:

1. Марченко О.М. Референцні системи в геодезії: навчальний посібник / О.М. Марченко, К.Р. Третяк, Н.П. Ярема — Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2013. — 202 с.
2. Черняга П.Г., Бялик І.М., Янчук Р.М. Супутникова геодезія Навчальний посібник / Черняга П.Г., Бялик І.М., Янчук Р.М., Рівне: НУВГП, 2013. 222 с.
3. Шумаков Ф.Т. Конспект лекцій з дисципліни Супутникова геодезія. Харків. ХНАМГ, 2009. — 88 с.
4. Bürgmann R., Rosen P. A., Fielding E. J. Synthetic Aperture Radar Interferometry to Measure Earth's Surface Topography and Its Deformation // *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*. 2000. № 1 (28). С. 169–209.
5. Hanssen R. F. Radar interferometry: data interpretation and error analysis / R. F. Hanssen, Dordrecht ; Boston: Kluwer Academic, 2001. 308 с.
6. Kazmierski K., Zajdel R., Sośnica K. Evolution of orbit and clock quality for real-time multi-GNSS solutions // *GPS Solutions*. 2020. № 4 (24). С. 111.
7. Seeber G. *Satellite geodesy* / G. Seeber, 2nd completely rev. and extended ed-e uzd., Berlin ; New York: Walter de Gruyter, 2003. 589 с.
8. Sośnica K. [u др.]. Estimating global geodetic parameters using SLR observations to Galileo, GLONASS, BeiDou, GPS, and QZSS // *Earth, Planets and Space*. 2019. № 1 (71). С. 20.

Додаткові:

1. Ляшенко Д., Павлюк Д. (2021) Геодезичні технології збирання просторових даних для діагностики та паспортизації автомобільних доріг. Науково-технічний збірник «Автомобільні дороги і дорожнє будівництва» Т. 2021. Випуск 110. 51-59.
2. Методичні вказівки і завдання до лабораторних, самостійних та розрахунково-графічних робіт з дисципліни «Супутникова геодезія та сферична астрономія» (для студентів денної і заочної форм навчання напряму підготовки 6.080101 – Геодезія, картографія та землеустрій) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва

3. ім. О. М. Бекетова; уклад. С. А. Отечко. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова,
4. 2016. – 58 с.
5. Сухий, П. О. Супутникова геодезія [Текст] : навч.-метод. посіб. / П. О. Сухий, В. І. Сабадаш, К. В. Дарчук ; Чернівець. нац. ун-т ім. Юрія Федьковича. - Чернівці : Чернівець. нац. ун-т ім. Ю. Федьковича : Рута, 2020. - 371 с.
6. Третьяк К. (2020) Космічна геодезія та її роль у безпечній експлуатації гідроспоруд <https://lpnu.ua/news/kornylii-tretiak-rezultaty-monitoryngu-pidtvverdzhuiut-vysoku-stiikist-grebel>
7. Doyle D. (2017) , Geodetic Surfaces and Datums <https://youtu.be/VeBRflu5jZ8>
8. Pearlman M. (2020) Space Geodesy <https://youtu.be/jlZUEYMiPG4>
9. Wright T. (2019) Monitoring Our Dynamic Planet Using Satellite Geodesy <https://youtu.be/zB9EeAZnZf8>

Контрольні питання

1. В чому суть глобальних навігаційних супутникових систем
2. Яка ідея реалізована в системі GPS для визначення положення точки на земній поверхні.
3. Якою повинна бути максимально допустима величина коефіцієнта PDOP
4. З яких сегментів складається GPS-система
5. Назвіть основні технічні характеристики супутників системи GPS
6. Перерахуйте основні параметри орбіт супутників в системі GPS
7. Яка структура сегменту керування GPS-системи?
8. З яких структурних компонентів складається сегмент користувача GPS-системи
9. Що входить в навігаційне повідомлення супутника і яка його структура
10. Назвіть основні елементи приймача і опишіть їх функції
11. Яку функцію управління приймачем необхідно задіяти, щоб почати збір даних спостережень із супутників?
12. Яка точність визначення місцеположення точки спостереження GPS-методом
13. Якою повинна бути максимально допустима величина коефіцієнта PDOP
14. Наведіть існуючі класифікації систем координат
15. Геоцентрична екваторіальна система координат, її визначення та особливості
16. Референсна система координат, її визначення та особливості
17. Кути Ейлера. Рівняння обертання твердого тіла навколо нерухомої точки
18. Топоцентрична система координат, її визначення та особливості
19. Дайте визначення поняттям «всесвітній час» та «час супутникових навігаційних систем»
20. Сформулюйте закони Кеплера руху штучних супутників Землі
21. Дайте визначення поняттям істинної, ексцентричної та середньої аномалії
22. Рівняння Кеплера, його різновиди та використання в геодезії
23. Дайте визначення поняттям кута нахилу орбіти довготи висхідного вузла орбіти
24. Диференційні рівняння збуреного руху супутників Землі
25. Зв'язок між параметрами орбіти штучних супутників Землі
26. Елементи орбіти супутника. Ключові точки орбіт та параметри орбіт
27. Якими координатами визначається положення точок на земній поверхні в географічній системі координат? Дайте їх визначення
28. Сформулюйте закони Кеплера руху штучних супутників Землі та їх значення для супутникової геодезії
29. Кути Ейлера. Рівняння обертання твердого тіла навколо нерухомої точки та використання в геодезії
30. Дайте визначення поняттям істинної, ексцентричної та середньої аномалії, поясніть їх використання