

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Чорноморський національний університет імені Петра Могили  
Факультет економічних наук  
Кафедра управління земельними ресурсами

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Перший проректор

Іщенко Н.М.

“ ” 2019 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**  
**ГЕОДЕЗИЧНІ РЕФЕРЕНЦІНІ СИСТЕМИ**

Спеціальність: 193 «Геодезія та землеустрій»

Освітня програма: Геодезія та землеустрій

Розробник

Новосад В. М.

Завідувач кафедри розробника

Горлачук В.В.

Завідувач кафедри спеціальності

Горлачук В.В.

Гарант освітньої програми

Горлачук В.В.

Декан факультету економічних наук

Філімонова О.Б.

Начальник НМВ

Калініченко В.І.

## 1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показника	Характеристика дисципліни	
Найменування дисципліни	Геодезичні референтні системи	
Галузь знань	19 «Архітектура та будівництво»	
Спеціальність	193 «Геодезія та землеустрій»	
Освітня програма	Геодезія та землеустрій	
Рівень вищої освіти	Магістр	
Статус дисципліни	Нормативна	
Курс навчання	V	
Навчальний рік	2019 – 2020	
Номер семестрів:	Денна форма	Заочна форма
	9	-
Загальна кількість кредитів ЄКТС/годин	4 кредита // 120 годин	
Структура курсу: – лекції – семінарські заняття (практичні, лабораторні, півгрупові) – годин самостійної роботи студентів	Денна форма	Заочна форма
	- лекційні заняття - 15 год. - практичні заняття - 30 год. - години самостійної роботи – 75 год.	
Відсоток аудиторного навантаження	38 %	
Мова викладання	Українська	
Форма проміжного контролю	Доповіді або презентації	
Форма підсумкового контролю	Іспит	

## **2. Мета, завдання та результати вивчення дисципліни**

**Метою** викладання навчальної дисципліни «Геодезичні референцні системи» є теоретична і практична підготовка студентів для цілісного розуміння загальних завдань геодезії як науки та можливостей використання наукових основ дисципліни для розвитку землевпорядної галузі.

**Завдання вивчення дисципліни «Геодезичні референцні системи»** полягає у формуванні спеціалістів, здатних:

- теоретично та практично виконувати покладені на них обов'язки щодо використання геодезичних даних у землевпорядній галузі;
- повноцінно забезпечувати суцільний процес одержання геодезичних величин шляхом вимірювань, а також належним виконанням обчислень;
- аналізувати вплив умов виконання вимірювального процесу на одержані результати та можливість усунення похибок вимірювань;
- розробляти і виконувати науково та технічно обґрунтовані проекти проведення геодезичних робіт;
- впроваджувати територіальні реалізацій земної референцної системи ITRF;
- використовувати ресурси національних служб для розповсюдження реалізацій;
- земної референцної системи ITRF;
- аналізувати особливості розвитку національних мереж станцій;
- створювати центри збору та опрацювання даних спостережень;
- запроваджувати нормативно-правові обмеження реалізацій земної референцної системи ITRF.

**Передумовами вивчення дисципліни «Геодезичні референцні системи»** є фундаментальна основа (науково-практична) побудови земної системи геодезичних координат та єдиної моделі зовнішнього гравітаційного поля Землі за допомогою теоретичних досліджень та математичної обробки результатів наземних астрономічних, геодезичних та гравіметричних вимірювань, супутникових

спостережень. Для опанування дисципліною потрібні знання з наступних дисциплін: «Вища математика», «Фізика», «Математична обробка геодезичних вимірів», «Вища та супутникова геодезія», «Фотограмметрія та дистанційне зондування», «Українська мова», «Англійська мова» та ін.

**Очікувані результати навчання:** засвоєння сучасних методів побудови і обробки опорних мереж, системи координат космічної геодезії; спостереження ШСЗ та їх обробки; рішення геометричних задач космічної геодезії;

**В результаті вивчення дисципліни студент**

***має знати:***

- геометричні та динамічні методи супутникової геодезії;
- системи координат та часу;
- методи спостережень штучних супутників Землі;
- глобальні супутникові системи;
- методику реалізації української національної системи відліку ITRF/ETRF;
- інструментарій створення комбінованих розв'язків для мережі GNSS-станцій;
- способи визначення оптимальної конфігурації опорних станцій для реалізації системи відліку в комбінованих розв'язках;
- знати характеристики точності  $\chi^2$  (chi-квадрат) розв'язків в програмному пакеті Gamit-Globk;
- методику для створення української національної системи відліку ETRF2000\_UKR;
- геодинамічну інтерпретацію результатів обчисленого комбінованого розв'язку стосовно основних тектонічних структур на території України.

***має вміти:***

- надати навички в роботі з наземними приймачами системи GPS;
- використовувати реалізації земної референцної системи ITRF у вигляді єдиного розв'язку що базується на різнорідних даних, що отримуються із безперервних спостережень за допомогою різних методів космічної геодезії;
- провести аналіз використання референцних систем координат та картографічних проєкцій при проведенні кадастрових робіт на прикладі країн Європи;
- виконати теоретичні дослідження використання сучасних концепцій систем координат і картографічних проєкцій для відображення виробничих кадастрових робіт та для відображення у кадастровій реєстраційній системі;
- виконати моделювання параметрів референцних систем координат у залежності від їх інформативності та ролі у розв'язанні кадастрових завдань;
- створити узагальнену структурну модель зв'язків між просторовою інформацією, що отримується із комплексу топографо-геодезичних робіт, та її представленням у кадастрових реєстраційних системах;

- побудувати ієрархічну схему та розробити описи систем координат і параметрів геодезичної проекції;
- розробити технологію узгодження існуючих матеріалів кадастрових знімків на основі єдиної державної системи координат УСК-2000;
- застосувати узагальнену структурну модель координатного забезпечення задач кадастру;
- провести аналіз реалізацій національних систем відліку шляхом створення комбінованого розв'язку за даними багаторічних GNSS вимірів.

### **Програмні компетенції**

*Фахові компетентності:*

- знання основних нормативно-правових актів та довідкових матеріалів, чинних стандартів і технічних умов, інструкцій та інших нормативно-розпорядчих документів в професійній діяльності;
- знання сучасних технологічних процесів та систем технологічної підготовки геодезичного та землепорядного виробництва;
- здатність застосовувати професійно-профільовані знання й практичні навички для розв'язання прикладних задач по спеціальності, а також вибору технічних та технологічних засобів для їх виконання;
- уміння досліджувати проблему та визначати обмеження, у тому числі зумовлені проблемами збалансованого розвитку та впливу на навколишнє середовище.

*Програмні результати навчання:*

- розробляти методи, які мають значення для підвищення ефективності використання координатної основи кадастрових робіт;
- володіти основними методами досліджень сучасної концепції референціальних систем координат та картографічних проекцій;
- розробляти сучасні методи координатних визначень з використанням супутникових технологій, комп'ютерного моделювання та математичної обробки даних;
- здатність застосовувати базові знання у сфері геофізики, супутникової геодезії, картографії, геодинаміки та метеорології необхідні для освоєння професійно-орієнтованих дисциплін;
- здатність використовувати теоретичні знання для дистанційного зондування Землі.

### **3. Програма навчальної дисципліни**

Денна форма

№ п/п	Теми	лекції	практичні	Самостійна робота	Загальний обсяг
1	Тема 1. Основні визначення та числові стандарти	2	4	12	18
2	Тема 2. Небесна та земна система координат	2	4	12	18
3	Тема 3. Кінематика тектоніки плит та системи координат	2	4	10	16
4	Тема 4. Визначення параметрів перетворення геодезичних координат	2	4	10	16
5	Тема 5. Висоти. Європейська вертикальна система EVRS	2	6	10	18
6	Тема 6. Перетворення геодезичних координат методом скінченних елементів	2	4	10	16
7	Тема 7. Перетворення нормальних висот	3	4	11	18
	<b>Всього за курсом</b>	<b>15</b>	<b>30</b>	<b>75</b>	<b>120</b>

#### 4. Зміст навчальної дисципліни

##### 4.1. План лекцій

№	Тема заняття / план	Години
1	<b>Тема 1. ОСНОВНІ ВИЗНАЧЕННЯ ТА ЧИСЛОВІ СТАНДАРТИ</b> 1.1. Загальні положення. 1.2. Геодезичні координати. 1.3. Нормальний потенціал та геодезичні системи GRS80 та WGS84. 1.4. Числові стандарти IERS 2010. 1.5. Особливості вивчення Землі, що деформується. 1.6. Геодезичні виміри та їх залежність від часу. Лінеаризація.	2
2	<b>Тема 2 . НЕБЕСНА ТА ЗЕМНА СИСТЕМИ КООРДИНАТ</b> 2.1. Основні шкали часу та їх еволюція 2.2. Умовна небесна референцна система ICRS 2.3. Реалізація ICRF референцної системи ICRS 2.4. Земна геоцентрична система координат ITRS 2.5. Реалізація ITRF земної геоцентричної системи координат ITRS 2.6. Реалізації ITRF2000, ITRF2005, ITRF2008 та ITRF2014 земної системи координат. 2.7. Теорія прецесії-нутації MHB2000. Параметри орієнтації Землі 2.8. Перетворення від небесної до земної системи	2
3	<b>Тема 3. КІНЕМАТИКА ТЕКТОНІКИ ПЛИТ ТА СИСТЕМИ КООРДИНАТ</b> 3.1. Основні положення концепції тектоніки земних плит. 3.2. Моделювання кінематики тектонічних плит. 3.3. Апроксимація тензора деформацій на сфері. 3.4. Система координат Тіссерана. Умова NNR. 3.5. Європейська земна система координат ETRS.	2
4	<b>Тема 4. ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПЕРЕТВОРЕННЯ ГЕОДЕЗИЧНИХ КООРДИНАТ</b> 4.1. Загальні положення. 4.2. Перетворення прямокутних координат методом ітерацій. 4.3. Перетворення геодезичних координат. Розв'язування оберненої задачі. 4.4. Перша наближена форма лінеаризованих рівнянь. 4.5. Друга наближена форма лінеаризованих рівнянь. 4.6. Розв'язування прямої задачі. 4.7. Замкнені формули визначення параметрів перетворення Гельмерта для систем декартових координат. 4.8. Моделі перетворення тривимірних прямокутних систем координат.	2
5	<b>Тема 5. ВИСОТИ. ЄВРОПЕЙСЬКА ВЕРТИКАЛЬНА СИСТЕМА EVRS</b> 5.1. Загальні положення. 5.2. Основні вимоги до системи висот.	2



	<p>5.3. Naturalni koordinati ta geopotencialni chisla.</p> <p>5.4. Charakteristika osnovnih sistem visot.</p> <p>5.5. Obchislenня normalnih visot, geopotencialnih chisel ta nev'язok u riznitsyah geopotencialnih chisel.</p> <p>5.6. Peretvorenня geopotencialnih chisel, normalnih visot i visot kvazigeoїda iz odnieї sistemi v inshu.</p> <p>5.7. Peretvorenня geopotencialnih chisel ta zv'язok miž visotnimi sistemaми.</p> <p>5.7.1. Ocїnuvanня vplivu riznicь miž normalnimi formulaми сили тяжіння na peretvorenня geopotencialnih chisel.</p> <p>5.7.2. Ocїnuvanня систематичних похибок.</p> <p>5.8. Вертикальні дати та системи висот, пов'язані з гравітаційним полем.</p> <p>5.9. Реалізація Європейської вертикальної референцної системи.</p>	
6	<p><b>Тема 6. ПЕРЕТВОРЕННЯ ГЕОДЕЗИЧНИХ КООРДИНАТ МЕТОДОМ СКІНЧЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ</b></p> <p>6.1. Основи методу скінченних елементів.</p> <p>6.2. Головні властивості сплайн-функцій.</p> <p>6.3. Сплайни Ерміта–Оверхаузера як базисні функції.</p> <p>6.4. Базисні функції у формі модифікованих сплайнів Ерміта.</p> <p>6.5. Перетворення геодезичних координат методом скінченних елементів.</p> <p>6.6. Принципи побудови референцної висотної поверхні на основі методу скінченних елементів.</p>	2
7	<p><b>Тема 7. ПЕРЕТВОРЕННЯ НОРМАЛЬНИХ ВИСОТ МЕТОДОМ СКІНЧЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ: ЗАГАЛЬНИЙ АСПЕКТ</b></p> <p>7.1. Лінеаризація.</p> <p>7.2. Два підходи до опрацювання геодезичних вимірів.</p> <p>7.3. Параметри орієнтації Землі.</p>	2
8	<p><b>Тема 7. ПЕРЕТВОРЕННЯ НОРМАЛЬНИХ ВИСОТ МЕТОДОМ СКІНЧЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ: ПРИКЛАДНИЙ АСПЕКТ</b></p> <p>7.4. Вплив різниць сили тяжіння на перетворення геopotencialних висот.</p> <p>7.5. Метод скінченних елементів: особливості застосування.</p>	1
	Всього годин	15

#### 4.2 План практичних занять

№	Тема заняття / план	Години
1	<b>Тема 1. ОСНОВНІ ВИЗНАЧЕННЯ ТА ЧИСЛОВІ</b>	2

	<b>СТАНДАРТИ: загальні положення</b> 1.1. Загальні положення. 1.2. Геодезичні координати. 1.3. Нормальний потенціал та геодезичні системи GRS80 та WGS84.	
2	<b>Тема 1. ОСНОВНІ ВИЗНАЧЕННЯ ТА ЧИСЛОВІ СТАНДАРТИ: числові стандарти</b> 1.4. Числові стандарти IERS 2010. 1.5. Особливості вивчення Землі, що деформується. 1.6. Геодезичні виміри та їх залежність від часу. Лінеаризація.	2
3	<b>Тема 2 . НЕБЕСНА ТА ЗЕМНА СИСТЕМИ КООРДИНАТ: загальні положення</b> 2.1. Основні шкали часу та їх еволюція. 2.2. Умовна небесна референцна система ICRS. 2.3. Реалізація ICRF референцної системи ICRS. 2.4. Земна геоцентрична система координат ITRS.	2
4	<b>Тема 2 . НЕБЕСНА ТА ЗЕМНА СИСТЕМИ КООРДИНАТ</b> 2.5. Реалізація ITRF земної геоцентричної системи координат ITRS. 2.6. Реалізації ITRF2000, ITRF2005, ITRF2008 та ITRF2014 земної системи координат. 2.7. Теорія прецесії-нутації МНВ2000. Параметри орієнтації Землі. 2.8. Перетворення від небесної до земної системи.	2
5	<b>Тема 3. КІНЕМАТИКА ТЕКТОНІКИ ПЛИТ ТА СИСТЕМИ КООРДИНАТ</b> 3.1. Основні положення концепції тектоніки земних плит. 3.2. Моделювання кінематики тектонічних плит. 3.3. Апроксимація тензора деформацій на сфері.	2
6	<b>Тема 3. КІНЕМАТИКА ТЕКТОНІКИ ПЛИТ ТА СИСТЕМИ КООРДИНАТ</b> 3.4. Система координат Тіссерана. Умова NNR. 3.5. Європейська земна система координат ETRS. 3.6. Міжнародні підходи до Європейської земної системи координат.	2
7	<b>Тема 4. ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПЕРЕТВОРЕННЯ ГЕОДЕЗИЧНИХ КООРДИНАТ</b> 4.1. Загальні положення. 4.2. Перетворення прямокутних координат методом ітерацій. 4.3. Перетворення геодезичних координат. Розв'язування оберненої задачі. 4.4. Перша наближена форма лінеаризованих рівнянь.	2
8	<b>Тема 4. ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПЕРЕТВОРЕННЯ ГЕОДЕЗИЧНИХ КООРДИНАТ.</b>	2

	<p>4.5. Друга наближена форма лінеаризованих рівнянь.</p> <p>4.6. Розв'язування прямої задачі.</p> <p>4.7. Замкнені формули визначення параметрів перетворення Гельмерта для систем декартових координат.</p> <p>4.8. Моделі перетворення тривимірних прямокутних систем координат.</p>	
9	<p><b>5 Тема 5. ВИСОТИ. ЄВРОПЕЙСЬКА ВЕРТИКАЛЬНА СИСТЕМА EVRS</b></p> <p>5.1. Загальні положення.</p> <p>5.2. Основні вимоги до системи висот.</p> <p>5.3. Натуральні координати та геопотенціальні числа.</p>	2
10	<p><b>5 Тема 5. ВИСОТИ. ЄВРОПЕЙСЬКА ВЕРТИКАЛЬНА СИСТЕМА EVRS</b></p> <p>5.4. Характеристика основних систем висот.</p> <p>5.5. Обчислення нормальних висот, геопотенціальних чисел, та зв'язок у різницях геопотенціальних чисел.</p> <p>5.6. Перетворення геопотенціальних чисел, нормальних висот і висот квазігеоїда із однієї системи в іншу.</p>	2
11	<p><b>Тема 5. ВИСОТИ. ЄВРОПЕЙСЬКА ВЕРТИКАЛЬНА СИСТЕМА EVRS</b></p> <p>5.7. Перетворення геопотенціальних чисел та зв'язок між висотними системами.</p> <p>5.7.1. Оцінювання впливу різниць між нормальними формулами сили тяжіння на перетворення геопотенціальних чисел.</p> <p>5.7.2. Оцінювання систематичних похибок.</p> <p>5.8. Вертикальні дати та системи висот, пов'язані з гравітаційним полем.</p> <p>5.9. Реалізація Європейської вертикальної референцної системи.</p>	2
12	<p><b>Тема 6. ПЕРЕТВОРЕННЯ ГЕОДЕЗИЧНИХ КООРДИНАТ МЕТОДОМ СКІНЧЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ</b></p> <p>6.1. Основи методу скінченних елементів.</p> <p>6.2. Головні властивості сплайн-функцій.</p> <p>6.3. Сплайни Ерміта–Оверхаузера як базисні функції.</p>	2
13	<p><b>Тема 6. ПЕРЕТВОРЕННЯ ГЕОДЕЗИЧНИХ КООРДИНАТ МЕТОДОМ СКІНЧЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ</b></p> <p>6.4. Базисні функції у формі модифікованих сплайнів Ерміта.</p> <p>6.5. Перетворення геодезичних координат методом скінченних елементів.</p> <p>6.6. Принципи побудови референцної висотної поверхні на основі методу скінченних елементів.</p>	2

14	<b>Тема 7. ПЕРЕТВОРЕННЯ НОРМАЛЬНИХ ВИСОТ МЕТОДОМ СКІНЧЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ: ЗАГАЛЬНИЙ АСПЕКТ</b> 7.1. Лінеаризація. 7.2. Два підходи до опрацювання геодезичних вимірів. 7.3. Параметри орієнтації	2
15	<b>Тема 7. ПЕРЕТВОРЕННЯ НОРМАЛЬНИХ ВИСОТ МЕТОДОМ СКІНЧЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ: ЗАГАЛЬНИЙ АСПЕКТ</b> 7.4. Вплив різниць сили тяжіння на перетворення геопотенціальних висот. 7.5. Метод скінченних елементів, особливості застосування.	2
	Всього годин	30

## 5. Завдання для самостійної роботи.

### Теми доповідей з дисципліни «Геодезичні референчні системи»

1. Основні визначення та числові характеристики
2. Геодезичні координати
3. Нормальний потенціал та геодезичні системи GRS80 та WGS84
4. Числові стандарти IERS 2010
5. Особливості вивчення Землі, що деформується
6. Статичні та динамічні геодезичні дати
7. Геодезичні виміри та їх залежність від часу
8. Небесна та земна системи координат
9. Основні шкали часу та їх еволюція
10. Умовна небесна референчна система ICRS
11. Реалізація ICRF референчної системи ICRS
12. Земна геоцентрична система координат ITRS
13. Реалізація ITRF земної геоцентричної системи координат ITRS
14. Реалізації ITRF2000, ITRF2008 та ITRF2014 земної системи координат
15. Теорія прецесії-нутації MHB2000
16. Перетворення від небесної до земної системи
17. Кінематика тектоніки плит та реалізація земної системи координат
18. Основні положення концепції тектоніки земних плит
19. Моделювання кінематики тектонічних плит
20. Апроксимація тензора деформацій на сфері
21. Система координат Тіссерана. Умова NNR
22. Європейська земна система координат ETRS та її реалізації ETRF
23. Визначення параметрів перетворення геодезичних координат
24. Перетворення прямокутних координат методом ітерацій
25. Перетворення геодезичних координат
26. Розв'язування оберненої задачі
27. Перша наближена форма лінеаризованих рівнянь
28. Друга наближена форма лінеаризованих рівнянь
29. Розв'язування прямої задачі
30. Замкнені формули визначення параметрів перетворення Гельмерта
31. Моделі перетворення тривимірних прямокутних систем координат
32. Європейська вертикальна система EVRS
33. Основні вимоги до системи висот
34. Натуральні координати та геопотенціальні числа
35. Характеристика основних систем висот
36. Обчислення нормальних висот, геопотенціальних чисел та нев'язок у різницях геопотенціальних чисел
37. Перетворення геопотенціальних чисел, нормальних висот і висот квазігеоїда
38. Перетворення геопотенціальних чисел та зв'язок між висотними системами
39. Оцінювання впливу різниць між нормальними формулами сили тяжіння
- 40.

41. Оцінювання систематичних похибок
42. Вертикальні дати та системи висот, пов'язані з гравітаційним полем
43. Реалізація Європейської вертикальної референцної системи
44. Перетворення нормальних висот методом скінченних елементів
45. Основи методу скінченних елементів
46. Головні властивості сплайн-функцій
47. Сплайни Ерміта–Оверхаузера як базисні функції
48. Базисні функції у формі модифікованих сплайнів Ерміта
49. Перетворення геодезичних координат методом скінченних елементів
50. Принципи побудови референцної висотної поверхні
51. Лінеаризація. Два підходи до опрацювання геодезичних вимірів

## **Критерії оцінювання та засоби діагностики підготовки доповіді**

- оцінка “відмінно” — студент повно і всебічно розкриває тему, винесену на самостійне опрацювання, вільно оперує поняттями і термінологією, виявляє глибокі знання джерел, має власний погляд з приводу актуальності теми і може це аргументувати;
- оцінка “добре” — загалом рівень знань відповідає викладеному вище, але мають місце деякі упущення при виконанні завдань, винесених на самостійне опрацювання, обґрунтування неточні, недостатньо висвітлені;
- оцінка “задовільно” — студент розкриває тему в загальних рисах, винесену на самостійне опрацювання, розуміє її суть, намагається робити висновки, але при цьому припускається грубих помилок, матеріал викладає нелогічно та не послідовно;
- оцінка “незадовільно” — студент не в змозі розкрити тему, не розуміє її сутності, не може зробити висновки, а тому відповідь неправильна.

### **Розподіл балів за результатами оцінювання підготовки доповіді**

Критерії оцінювання	Бали
Демонструє знання за обраною темою, логічно викладає матеріал, проявляє творчу розумову діяльність	1
Аргументує відповіді на питання, наводить приклади, аналізує ситуації, посилаючись на джерела інформації.	2
Формує власну думку і робить обґрунтовані висновки за обраною темою.	2
Разом:	5

### **Методичне забезпечення**

1. Опорний конспект лекцій з курсу.
2. Словник термінів.
3. Пакет тестових завдань.
4. Пакет візуалізації.
5. Теми доповідей для самостійної підготовки.
6. Екзаменаційні питання.
8. Рекомендована література з курсу.

Забезпечення освітнього процесу здійснюється із застосуванням програми Moodle (Moodle ЧНУ ім. Петра Могили 3,3), в рамках якої для студентів розміщено в мережу лекції, перелік екзаменаційних питань, питання до модульних контрольних робіт, ККР з дисципліни, тести, ситуаційні завдання).

## 6. Форми і методи контролю успішності студентів

Для ефективної перевірки рівня засвоєння студентами знань, умінь та навичок з навчальної дисципліни «Кадастр природних ресурсів» використовують різні методи і форми контролю.

Викладач застосовує наступні *методами контролю*: усний, письмовий контроль.

**Усний контроль (усне опитування).** Це найпоширеніший метод у навчальній практиці. Його використання сприяє опануванню логічним мисленням, виробленню і розвитку навичок аргументувати, висловлювати свої думки грамотно, образно, емоційно, обстоювати власну думку. Здійснюють його на семінарських, практичних заняттях під час опрацювання питань до змістових модулів та підготовки доповідей за власно обраними темами.

Усне опитування передбачає таку послідовність: формулювання запитань (завдань) з урахуванням специфіки предмета і вимог програми; підготовка студентів до відповіді та викладу знань; коригування викладених у процесі відповіді знань; аналіз і оцінювання відповіді.

Для усної перевірки викладач застосовує основні, додаткові й допоміжні запитання. Основні запитання передбачають самостійну розгорнуту відповідь (наприклад, запитання семінарського заняття), додаткові – уточнення того, як студент розуміє певне питання, формулювання, формулу тощо, допоміжні – виправлення помилок, неточностей. Усі запитання мають бути логічними, чіткими, зрозумілими і посилюючими, а їх сукупність – послідовною і системною.

**Письмовий контроль.** Його метою є з'ясування в письмовій формі ступеня оволодіння студентами знаннями, вміннями та навичками з предмета, визначення їх якості – правильності, точності, усвідомленості, вміння застосувати знання на практиці.

Письмовий контроль здійснюється у формі:

- контрольних робіт,
- індивідуальних завдань,
- ситуаційних вправ (кейсів),
- тестових завдань для проміжного контролю знань,
- залікових білетів.

Визначені види письмового контролю мають бути зрозумілими і посилюючими, відповідати рівню знань студентів і водночас вимагати відповідних зусиль, виявляти знання фактичного матеріалу.

Перевагою письмової перевірки є те, що за короткий термін вдається скласти уявлення про знання багатьох студентів, результати перевірки зберігаються і є змога з'ясувати деталі й неточності у відповідях.

Під час викладання навчальної дисципліни викладач використовує наступні *форми контролю*:

1) **Поточна форма контролю** здійснюється у процесі вивчення навчальної дисципліни з метою виявлення ступеня розуміння студентом засвоєного навчального матеріалу та вміння застосувати його у практичній роботі. Ця форма



контролю здійснюється на семінарських, практичних заняттях. Одержані результати поточного контролю використовуються викладачем для коригування методів і засобів навчання студентів, організації їх самостійної роботи.

Відповідно до поточної форми контролю викладач використовує:

- **Індивідуальну перевірку**, яка має на меті з'ясування рівня засвоєння конкретним студентом певних знань, умінь і навичок, рівня формування професійних рис. Наприклад, індивідуальне опитування передбачає розгорнуту відповідь студента на оцінку. Він повинен самостійно пояснити вивчений матеріал, навести власні приклади. Проводячи індивідуальне опитування, викладач передбачає, що в цей час робитимуть інші студенти. Студентам пропонується виправляти помилки у відповіді їхнього товариша, визначити правильність і точність викладу фактичного матеріалу, доповнювати відповідь і рецензувати її.

- **Фронтальну перевірку**, яка спрямована на з'ясування рівня засвоєння студентами програмного матеріалу за порівняно короткий час (10–15 хв.). Вона передбачає короткі відповіді з місця на короткі запитання в кінці лекції. Йдеться про усну співбесіду за матеріалами розглянутої теми з оцінюванням відповідей студентів.

**2) Модульна форма контролю (рубіжна)** проводиться з метою визначення стану поточної успішності студентів за певний період навчання (на конкретну дату). Модульний контроль здійснюється в формі виконання студентом контрольної роботи.

**3) Підсумкова форма контролю** - це підсумкове оцінювання результатів навчання студентів за семестр, яке здійснюється у формі заліку.

Залік – це форма підсумкового контролю, що полягає в оцінюванні засвоєння студентами навчального матеріалу за результатами виконання ними всіх видів навчальних завдань на практичних, семінарських заняттях, самостійної роботи, модульних завдань та підсумкового залікового завдання.

Залік проводиться на окремому занятті відповідно до розкладу. Присутність всіх студентів на заліку – обов'язкова. Студенти, які за результатами підсумкового семестрового контролю (заліку) отримали незадовільну оцінку з дисципліни або не з'явилися на підсумковий контрольний захід, вважаються такими, що мають академічну заборгованість.

**Типові тестові завдання для проміжного контролю знань**

**1. Умовна інерціальна система координат - це:**

- А) місця розташування обмежень щодо використання земель;
- Б) положення точки весняного рівнодення;
- В) початком інерціальної системи координат є центр мас Землі;
- Г) Велике коло  $QWQ'E$ , площина якого перпендикулярна до осі світу  $PP'$ .

**2. Знайдіть невірну відповідь. Які системи виміру часу і зв'язки між ними використовуються в ГРС:**

- А) Земний динамічний час (TDT)
- Б) Всесвітній час (UT)
- В) Гринвіцький зоряний час.
- Г) Міжнародний атомний час (TAI)
- Д) Барицентричний динамічний час (TDB)
- Є) Всесвітній час координований (UTC)
- Ж) Час GPS (GPST);
- З) Зоряний час S.

## **Тема: «Основні визначення та числові характеристики»**

### *Орієнтовний перелік питань*

Які основні визначення та числові характеристики ГРС?

Розв'язування прямої задачі.

Чим зумовлена необхідність реалізації референцної висотної поверхні?

Яка сутність та принципи, покладені в основу наближеної форми лінеаризованих рівнянь?

Яка інформація фіксується під час Теорії прецесії-нутації МНВ2000?

З якою метою необхідно ввести інтегровану систему реалізації ICRF референцної системи?

## **Тема: «Небесна та земна система координат»**

### *Орієнтовний перелік питань*

1. Які завдання має вирішити Система координат Тіссерана?

2. На яких рівнях можуть бути прийняті програми побудови референцної висотної поверхні?

3. Які основні вимоги висуваються в Умовній небесній референцній системі ICRS?

4. Методичні основи реалізації ITRF2000.

5. Назвіть складові частини та особливості вивчення Землі, що деформується.

## **Тема: «Визначення параметрів перетворення геодезичних координат»**

### *Орієнтовний перелік питань*

1. Сутність розв'язування оберненої задачі?

2. В чому полягає суть, мета і завдання перетворення геодезичних координат?

3. Концепція науково-теоретичних положень реалізації Європейської вертикальної референцної системи.

4. Інформаційне забезпечення теорії референцної системи координат.

## **7. Підсумковий контроль**

## Екзаменаційні питання

1. Геодезичні координати
2. Нормальний потенціал та геодезичні системи GRS80 та WGS84
3. Числові стандарти IERS 2010
4. Особливості вивчення Землі, що деформується.
5. Геодезичні виміри та їх залежність від часу. Лінеаризація.
6. Моделювання кінематики тектонічних плит
7. Апроксимація тензора деформацій на сфері
8. Система координат Тіссерана. Умова NNR
9. Європейська земна система координат ETRS
10. Перетворення геодезичних координат методом скінченних елементів
11. Перетворення нормальних висот методом скінченних елементів
12. Розв'язування оберненої задачі
13. Розв'язування прямої задачі
14. Теорія прецесії-нутації MHB2000
15. Умовна небесна референсна система ICRS
16. Характеристика основних систем висот
17. Числові стандарти IERS 2010
18. Реалізація ITRF земної геоцентричної системи координат ITRS
19. Реалізація Європейської вертикальної референсної системи
20. Статичні та динамічні геодезичні дати
21. Небесна та земна системи координат
22. Земна геоцентрична система координат ITRS
23. Апроксимація тензора деформацій на сфері
24. Базисні функції у формі модифікованих сплайнів Ерміта
25. Вертикальні дати та системи висот, пов'язані з гравітаційним полем
26. Визначення параметрів перетворення геодезичних координат
27. Геодезичні виміри та їх залежність від часу
28. Геодезичні координати
29. Головні властивості сплайн-функцій
30. Друга наближена форма лінеаризованих рівнянь
31. Європейська вертикальна система EVRS
32. Європейська земна система координат ETRS та її реалізації ETRF
33. Замкнені формули визначення параметрів перетворення Гельмерта
34. Земна геоцентрична система координат ITRS
35. Кінематика тектоніки плит та реалізація земної системи координат
36. Лінеаризація. Два підходи до опрацювання геодезичних вимірів
37. Моделі перетворення тривимірних прямокутних систем координат
38. Моделювання кінематики тектонічних плит
39. Натуральні координати та геопотенціальні числа
40. Небесна та земна системи координат
41. Нормальний потенціал та геодезичні системи GRS80 та WGS84
42. Обчислення нормальних висот, геопотенціальних чисел

43. Основи методу скінченних елементів
44. Основні визначення та числові характеристики
45. Основні вимоги до системи висот
46. Основні положення концепції тектоніки земних плит
47. Основні шкали часу та їх еволюція
48. Особливості вивчення Землі, що деформується
49. Оцінювання впливу різниць між нормальними формулами сили тяжіння
50. Оцінювання систематичних похибок
51. Перетворення від небесної до земної системи
52. Переведення геодезичних координат
53. Перетворення геодезичних координат методом скінченних елементів
54. Перетворення геопотенціальних чисел та зв'язок між висотними системами
55. Перетворення геопотенціальних чисел, нормальних висот і висот квазігеоїда
56. Перетворення нормальних висот методом скінченних елементів
57. Перетворення прямокутних координат методом ітерацій
58. Перша наближена форма лінеаризованих рівнянь
59. Принципи побудови референцної висотної поверхні
60. Реалізації ITRF2000, ITRF2008 та ITRF2014 земної системи координат
61. Реалізація ICRF референцної системи ICRS
62. Реалізація ITRF земної геоцентричної системи координат ITRS
63. Реалізація Європейської вертикальної референцної системи
64. Розв'язування оберненої задачі
65. Розв'язування прямої задачі
66. Система координат Тіссерана. Умова NNR
67. Сплайни Ерміта–Оверхаузера як базисні функції
68. Статичні та динамічні геодезичні дати
69. Неув'язки у різницях геопотенціальних чисел
70. Теорія прецесії-нутації MHB2000
71. Умовна небесна референцна система ICRS
72. Характеристика основних систем висот
73. Числові стандарти IERS 2010.
74. Особливості побудови референцної висотної поверхні
75. Методи дослідження Землі
76. Формалізація та оптимізація геодезичних координат
77. Геодезичні системи GRS80 та WGS84
78. Форми модифікованих сплайнів Ерміта
79. Процеси деформації у кінематиці тектонічних плит
80. Метод скінченних елементів.
81. Системи висот та їх характеристики.
82. Моделювання тривимірних прямокутних систем координат
83. Завдання та призначення сплайн-функцій
84. Практичний аспект прецесії-нутації MHB2000
85. Особливості оцінювання систематичних похибок
86. Підходи до опрацювання геодезичних вимірів

- 87.Європейська вертикальна референцна система
- 88.Геоцентрична система координат
- 89.Системний підхід до обчислення геопотенціальних чисел
- 90.Особливості застосування системи координат Тіссерана.

### Типовий екзаменаційний білет

Чорноморський національний університет імені Петра Могили  
(повне найменування вищого навчального закладу)

Рівень вищої освіти: другий (магістерський)

Галузь знань: 19 «Архітектура та будівництво»

Напрямок підготовки: 193 «Геодезія та землеустрій»

Семестр 9

Навчальна дисципліна: Геодезичні референтні системи

### ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ № «0»

1. Програми планування GPS-спостережень.
2. Системи часу GPS. Міжнародна GPS служба IGS.
3. Системи всесвітнього часу.
4. Земна геоцентрична система координат.

Затверджено на засіданні  
кафедри, циклової комісії \_\_\_\_\_  
Протокол № \_\_\_\_\_ від „\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 20\_\_\_\_ року

Завідувач кафедри, голова циклової комісії \_\_\_\_\_ **В.В. Горлачук**  
(підпис) (прізвище та ініціали)  
Екзаменатор \_\_\_\_\_ **В.М. Новосад**  
(підпис) (прізвище та ініціали)

**Критерії оцінювання знань під час іспиту**

Оцінювання знань студента під час іспиту здійснюється за 30/40-бальною шкалою, прийнятою ЧНУ ім. Петра Могили.

**32-40 балів** ставиться за умов, якщо студент дав ґрунтовні відповіді на всі питання, запропоновані у білеті. Відповідь свідчить, що студент вільно володіє всім матеріалом курсу, передбаченим робочою програмою, при тому, він має не розрізненні знання окремих тем курсу, а володіє ним комплексно. Студент уміє аргументувати свою відповідь, навести необхідні докази, приклади; аналізувати запропоновані історичні ситуації, посилаючись на джерела інформації. Студент розуміє значимість отриманих знань для майбутньої професійної діяльності, підтверджуючи це конкретними прикладами. Найвища оцінка ставиться також за вміння наводити протилежні підходи до оцінки тих чи інших історичних феноменів, співставлення різних наукових позицій, уміння вести полеміку з дослідниками. Під час відповіді студент має продемонструвати не репродуктивну, а творчу розумову діяльність.

**24-31 балів** ставиться за умов, якщо студент викладає відповідь на кожне питання білету логічно, розкриваючи основний зміст. Разом з тим, відповіді не вистачає ґрунтовності, всебічності, деякі важливі нюанси пропущені. При доборі та наведенні фактів та прикладів студент припускається незначних помилок. В той же час, студент не розуміє актуальності висвітлених питань. У висловлюванні власної думки зустрічаються певні неточності. Висновки не носять повного та логічного підсумку.

**16-23 балів** виставляється студенту в разі, якщо він не повністю розкрив питання білету або не відповів на одне з них, що свідчить про відсутність повного комплексного засвоєння матеріалу курсу (знає лише певні теми.. Відсутня ґрунтовність у розгляді питань, порушується логіка викладу питання. Студент не вміє аналізувати матеріал, не розуміє актуальності проблеми для сьогодення. Аргументація відповіді слабка, вибіркова, мають місце суттєві помилки у використанні фактичного матеріалу. Висновки не відбивають суті питання або відсутні.

**До 15 балів** виставляється студенту в разі, коли кожне з питань розкрито поверхово, або не розкриті зовсім. В процесі висвітлення питань допущені значні помилки, студент не знає або плутає фактичний матеріал, не здатний аналізувати основні проблеми, не демонструє творчої розумової діяльності. Власна думка і висновки відсутні.

За іспит виставляється «відмінно» (якщо у підсумку за поточний, проміжний та підсумковий контроль студент набирає 90-100 балів., «добре» (якщо у підсумку студент набирає 75-89 балів., «задовільно» (якщо у підсумку студент набирає 60-74 балів., «незадовільно» (якщо у підсумку студент набирає менше 60 балів.

## 8. Розподіл балів, які отримують студенти

№	Вид діяльності (завдання)	Максимальна кількість балів
1	Тема 1. Тема 1. ОСНОВНІ ВИЗНАЧЕННЯ ТА ЧИСЛОВІ СТАНДАРТИ	7
2	Тема 2. НЕБЕСНА ТА ЗЕМНА СИСТЕМИ КООРДИНАТ	7
3	Тема 3. Тема 3. КІНЕМАТИКА ТЕКТОНІКИ ПЛИТ ТА СИСТЕМИ КООРДИНАТ	7
4	Тема 4. Тема 4. ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПЕРЕТВОРЕННЯ ГЕОДЕЗИЧНИХ КООРДИНАТ	7
5	Тема 5. Тема 5. ВИСОТИ. ЄВРОПЕЙСЬКА ВЕРТИКАЛЬНА СИСТЕМА EVRS	8
6	Тема 6. ПЕРЕТВОРЕННЯ ГЕОДЕЗИЧНИХ КООРДИНАТ МЕТОДОМ СКІНЧЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ	7
7	Тема 7. ПЕРЕТВОРЕННЯ НОРМАЛЬНИХ ВИСОТ МЕТОДОМ СКІНЧЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ: ПРИКЛАДНИЙ АСПЕКТ	7
8	Самостійна робота студента (підготовка доповідей)	10
9	Іспит	40
	<b>Всього</b>	<b>100</b>

### Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи., практики)	ПМК, залік, атестація
90 – 100	<b>A</b>	відмінно	зараховано
82-89	<b>B</b>	добре	
75-81	<b>C</b>		
67-74	<b>D</b>		
60-66	<b>E</b>	задовільно	не зараховано
35-59	<b>FX</b>	незадовільно	
1-34	<b>F</b>		

### 9. Список рекомендованої літератури з дисципліни «Геодезичні референцні системи»



### *Основні джерела*

1. Марченко О. Референцні системи в геодезії: Навчальний посібник / О. М. Марченко, К. Р. Третяк, Н. П. Ярема. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2013. 216 с.
2. Двуліт П.Д. Фізична геодезія Київ, Експрес. 2012. – 256 с.
3. Скутов А.М. Моделювання параметрів референсної системи координат : навчальний посібник – Житомир: ЖДТУ, 2018. – 225 с.
4. Кучер О., Ренкевич О., Лепетюк Б. Дослідження референсних систем координат для території України : навчальний посібник. Київ: Геоіздат. – 2016. –с. 186.
5. Бондар А. Л., Заєць І.М. Кучер О.В. Державна геодезична мережа України: навчальний посібник. Київ: Геоіздат. – 2017. –с. 315.
6. Савчук С.Г. Вища геодезія. – Житомир: ЖДТУ, 2015. – 315 с.
7. Глобальна система визначення місцеположення (GPS). Теорія і практика/Б. Гофманн-Велленгоф, Г. Ліхтенеггер, Д. Коллінз; Пер. з англ. третього вид. під ред. Я. С. Яцківа— Київ: Наук, думка, 2015.—380 с
8. Гравіметрія [Текст] : підручник / П. Д. Двуліт. — Львів :[б.в.], 2012. — 195 с. — ISBN 5-7763-4562-6
9. Третяк К.Р. Сучасна геодинаміка та геофізичні поля Карпат і суміжних територій. Львів – 2015. 420 с.
- 10.Порядок використання Державної геодезичної референсної системи координат УСК-2000 при здійсненні робіт із землеустрою: Наказ Міністерства аграрної політики та продовольства України 02.12.2016 № 509. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1646-16>
- 11.Про впровадження на території України Світової геодезичної системи координат WGS – 84 (Постанова КМ України №2359, від 22 грудня 1999 р.)

### *Додаткові джерела*

- 12.Марченко О. Оцінювання тензора швидкостей деформацій земної кори за даними GPS-спостережень у Східній Європі //Геодинаміка. – 2014. – № 1(10). – С. 5–15.

13. Савчук С.Г. Перша мережа активних референцних станцій в Україні ZAKPOS. Етапи встановлення та початок діяльності // Геопрофіль – Київ, 2010 – Вип.І (10). – С. 16
14. Основні положення побудови Державної геодезичної мережі України [Електронний ресурс] // Офіційний сайт Державного земельного агентства України.
15. Кучер О. В. Внедрение государственной референтной системы координат Украины. Проблемы и решения [Электронный ресурс] 2016. – № 3(46). – С. 67–73.
16. Дослідження гравітаційного поля, топографії океану та рухів земної кори в регіоні Антарктиди: монографія / О.М. Марченко, К.Р. Третяк, А.Я. Кульчицький та ін. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2014. – 308 с.
17. Дзуліт П.Д., Савчук С.Г. Гравітаційне поле Землі й розвиток фундаментальної геодезичної мережі України. // Вісник геодезії та картографії. —2012. -№ 2. — С.10-12.
18. Дзуліт П., Савчук С., Москаль Н. Обчислення елементів гравітаційного поля Землі з використанням цифрових моделей поля аномалій сили ваги. // Зб. наук. пр. «Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва».—Львів: Ліга Прес. — 2012. —С.58-64.
19. Волчко П., Дзуліт П., Савчук С. Висоти геоїда і складові відхилень прямовисних ліній території України за даними планетарної моделі гравітаційного поля Землі EGM // Зб. наук. пр. «Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва». — Львів: Ліга Прес. —2010. —С.53-56.
20. Тревого І., Марченко О., Дзуліт П., Савчук С., Волчко П. Локальне уточнення моделі гравітаційного поля в районі наукового геодезичного полігону. // Зб. наук. пр. «Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва». —Львів: Ліга Прес. —2013. —С.32-38.