

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

ННІ «Інститут геології»  
кафедра геофізики

Механіко-математичний факультет  
кафедра загальної математики

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заступник директора інституту  
з навчальної роботи

*В. П. Данил*  
«26» серпня 2022 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

## Спектральний аналіз

для здобувачів

10 Природничі науки

103 Науки про Землю

бакалавр

Геологія та менеджмент надрокористування

Вибіркова

галузь знань  
спеціальність  
освітній рівень  
освітня програма  
блок дисциплін  
вид дисципліни

Форма навчання	денна
Навчальний рік	2022/2023
Семестр	6
Кількість кредитів ECTS	3
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська
Форма заключного контролю	залік

Викладач: Вижива Зоя Олександрівна, доктор фізико-математичних наук, професор кафедри загальної математики.

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)

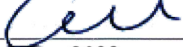
© Зоя ВИЖВА

КИЇВ – 2022

Розробник: **Вижва Зоя Олександрівна, доктор фізико-математичних наук, професор**

Робоча програма дисципліни "Спектральний аналіз" затверджена на засіданні кафедри загальної математики

Протокол № від " " 2022\_ року

Завідувач кафедри  (проф. Олександр СТАНЖИНСЬКИЙ)  
« » 2022\_ року

Схвалено науково - методичною комісією механіко-математичного факультету


Протокол від « » 2022\_ року №

Голова науково-методичної комісії  (проф. Андрій ОЛІЙНИК)  
(підпис)

« » 2022\_ року

Схвалено науково - методичною комісією ННІ «Інститут геології»

Протокол від « 26 » серпня 2022\_ року № 1

Голова науково-методичної комісії  (Всеволод ДЕМИДОВ)  
(підпис) (прізвище та ініціали)

© З.О.Вижва , 2022 рік

© \_\_\_\_\_, 202\_ рік

© \_\_\_\_\_, 202\_ рік

**1. Мета і завдання навчальної дисципліни "Спектральний аналіз"** є ознайомлення та оволодіння сучасними методами спектрального аналізу, теоретичними положеннями та основними застосуваннями математичних методів спектрального аналізу в геології.

**2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:**

Здобувач повинен мати базові знання з диференціального та інтегрального числення, математичного аналізу.

**3. Анотація навчальної дисципліни:**

У програмі навчальної дисципліни "Спектральний аналіз" розглядаються такі основні поняття:

Ряди Фур'є. Інтеграл Фур'є. Перетворення Фур'є. Основні теореми про перетворення Фур'є. Спектри деяких функцій. Дискретизація даних. Теорема відліків для одновимірних функцій. Інтерполяційний ряд Котельникова-Шеннона. Дискретне перетворення Фур'є. Швидке перетворення Фур'є. Лінійні системи. Кореляційна функція. Автокореляційна функція. Поняття про лінійні фільтри. Багатовимірне перетворення Фур'є. Спектральний розклад однорідних ізотропних випадкових полів в дво- та тривимірному просторі. Розклад однорідних за часом однорідних ізотропних випадкових полів за просторовими координатами в двовимірному просторі. Теорема відліків для багатовимірних даних. Спектри геофізичних полів, які залежать від двох просторових координат. Інтерполяція двовимірних даних. Секвентний аналіз. Розклад на негармонічні функції. Ортогональні та ортонормовані системи функцій. Дискретне багатовимірне перетворення Уолша.

**4. Завдання (навчальні цілі) – ознайомлення здобувачів з:**

1. рядами Фур'є, інтегралом Фур'є, перетворенням Фур'є;
2. поточним та миттєвим спектрами;
3. основними теоремами про перетворення Фур'є (теорема лінійності, теорема частотного та часового зсуву, теорема про стиснення сигналів та спектрів, теореми про диференціювання та інтегрування, теорема згортки) ;
4. спектрами деяких функцій: дельта-імпульсу, прямокутного та трикутного імпульсу, експоненціального та дзвінкового імпульсу, експоненціально затухаючої косинусоїди, косинусоїди та синусоїди;
5. теоремою відліків для одновимірних функцій (інтерполяційний ряд Котельникова-Шеннона);
6. дискретним перетворенням Фур'є;
7. кореляційною функцією;
8. непрямим методом обчислення спектрів;
9. прямим методом обчислення спектрів (метод періодограм);
10. швидким перетворенням Фур'є;
11. частотною та імпульсною характеристикою лінійних систем;
12. поняттям про лінійні фільтри;
13. багатовимірним перетворенням Фур'є, властивістю симетрії спектрів багатовимірних дійсних функцій;
14. спектральним розкладом однорідних ізотропних випадкових полів в дво- і тривимірному просторі та розкладом однорідних за часом однорідних ізотропних випадкових полів за просторовими координатами;
15. одновимірними функціями Уолша, багатовимірними функціями Уолша, дискретним одновимірним та багатовимірним перетворенням Уолша;
16. застосуванням знань, умінь, навичок і комунікацій у професійній діяльності, аналізом та розв'язуванням прикладних геологічних задач.

### 5. Результати навчання за дисципліною:

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	Ряди Фур'є, інтеграл Фур'є, пряме та обернене перетворення. Фур'є Основні теореми про перетворення Фур'є	лекції, лабораторні заняття	письмові модульні контрольні роботи, оцінювання виконання лабораторних робіт	10%
1.3	Поточний та миттєвий спектри, спектри типових імпульсів	лекції, лабораторні заняття	письмові модульні контрольні роботи, оцінювання виконання лабораторних робіт	5%
1.4	Дискретне перетворення Фур'є, непрямий метод обчислення спектрів, прямий метод обчислення спектрів (метод періодограм), швидке перетворення Фур'є	лекції, лабораторні заняття	письмові модульні контрольні роботи, оцінювання виконання лабораторних робіт	25%
1.5	Теорему відліків для одновимірних функцій (інтерполяційний ряд Котельникова-Шеннона), багатовимірне перетворення Фур'є, спектральний розклад однорідних ізотропних випадкових полів в дво- і тривимірному просторі та розклад однорідних за часом однорідних ізотропних випадкових полів за просторовими координатами	лекції, лабораторні заняття	письмові модульні контрольні роботи, оцінювання виконання лабораторних робіт	10%
1.6	Одновимірні і багатовимірні функції Уолша, дискретне одновимірне та багатовимірне перетворення Уолша	лекції, лабораторні заняття	письмові модульні контрольні роботи, оцінювання виконання лабораторних робіт	5%
2.1	Застосовувати спектральний аналіз в геофізиці	лекції, лабораторні заняття	письмові модульні контрольні роботи, оцінювання виконання лабораторних робіт	15%
2.2	Застосовувати секвентний аналіз в геофізиці	лекції, лабораторні заняття	письмові модульні контрольні роботи, оцінювання виконання лабораторних робіт	5%
2.3	Застосовувати сучасні методи спектрального аналізу для розв'язання геологічних задач та набувати навички самостійного використання і вивчення літератури з математичних дисциплін	лекції, лабораторні заняття	письмові модульні контрольні роботи, оцінювання виконання лабораторних робіт	10%
3.1	Здатність грамотно будувати комунікацію, виходячи з мети і ситуації спілкування	лекції, лабораторні заняття	письмові модульні контрольні роботи	5%
4.1	Демонструвати розуміння особистої/персональної відповідальності за професійні та/або управлінські рішення, які базуються на використанні математичних методів	лекції, лабораторні заняття	письмові модульні контрольні роботи, оцінювання виконання лабораторних робіт	10%

## 6. Схема формування оцінки

**6.1. Форми оцінювання здобувачів:** рівень досягнення всіх запланованих результатів навчання визначається за результатами написання письмових контрольних робіт і за результатами роботи на лабораторних заняттях. Вклад результатів навчання у підсумкову оцінку, за умови їх опанування на належному рівні і успішної здачі всіх лабораторних робіт наступний:

- результати навчання 1.1 – 1.6 [знання] до 55 %;
- результат навчання 2.1 – 2.6 [вміння] – до 30%;
- результат навчання 3.1 [комунікація] – до 5%;
- результат навчання 4.1 [автономність та відповідальність] – до 10%.

Форми оцінювання здобувачів:

- **семестрове оцінювання:** контроль здійснюється за таким принципом. У змістовий модуль 1 (ЗМ1) входять теми 1-4, у змістовий модуль 2 (ЗМ2) входять теми 5-8. Протягом семестру після завершення відповідних тем, проводяться дві письмові модульні контрольні роботи. Для визначення рівня досягнення результатів навчання завдання для модульної контрольної роботи перевіряють уміння володіти математичним матеріалом. Обов'язковим для допуску до заліку є написання 1-ї та 2-ї модульних контрольних робіт з кількістю балів не менше 15 (за кожну контрольну роботу здобувач може отримати максимально 25 балів), і успішної здачі всіх лабораторних робіт (за лабораторні роботи здобувач може отримати максимально 30 балів).

- **підсумкове оцінювання (у формі заліку):** форма заліку – письмово-усна. Залікова робота складається із 2 завдань, які є теоретичними. Кожне завдання оцінюється від 0 до 10 балів. Додатково від 0 до 10 балів здобувач отримує за усне опитування. Всього за залік можна отримати від 0 до 20 балів. Умовою досягнення позитивної оцінки за дисципліну є отримання не менш ніж 60 балів, при цьому оцінка за результатами навчання 2 [вміння] і 4 [автономність та відповідальність] не може бути меншою ніж 50% від максимального рівня.

*Підсумкове оцінювання у формі заліку не є обов'язковим, при відмові від участі у даній формі оцінювання здобувач не отримає відповідні бали до підсумкової оцінки.*

У випадку відсутності здобувача з поважних причин відпрацювання та перездачі модульних контрольних робіт здійснюються у відповідності до „Положення про порядок оцінювання знань здобувачів при кредитно-модульній системі організації навчального процесу” від 1 жовтня 2010 року.

## 6.2 Організація оцінювання

*Оцінювання за формами контролю:*

	ЗМ1		ЗМ2	
	Min. – балів	Max. – балів	Min. – балів	Max. – балів
<i>Розподілити між іншими рядками</i>				
Активність здобувача на заняттях і виконання ним лабораторних робіт	9	15	9	15
Модульна контрольна робота 1	15	25		
Модульна контрольна робота 2			15	25

*Розрахунок балів, які здобувач отримує при успішній здачі заліку:*

	Змістовий модуль 1	Змістовий модуль 2	Залік	Підсумкова оцінка
<i>Мінімум</i>	<i>24</i>	<i>24</i>	<i>12</i>	<i>60</i>
<b>Максимум</b>	<b>40</b>	<b>40</b>	<b>20</b>	<b>100</b>

### 6.3. Шкала відповідності оцінок

<b>Зараховано / Passed</b>	60-100
<b>Не зараховано / Fail</b>	0-59

## 7. Структура навчальної дисципліни. Тематичний план лекційних та лабораторних занять

№ теми	НАЗВА ТЕМИ	Кількість годин		
		Лекції	Лабораторні	Самостійна робота
<b>ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1. „Основні поняття спектрального аналізу“</b>				
1	Основні поняття спектрального аналізу. Задачі, які вирішуються за допомогою спектрального аналізу в геофізиці. Ряди Фур'є. Інтеграл Фур'є.	2		4
2	Перетворення Фур'є. Теорема про перетворення Фур'є	4	2	6
3	Поточний та миттєвий спектри, спектри типових імпульсів	4	2	6
4	Теорема відліків для одновимірних функцій (інтерполяційний ряд Котельникова-Шеннона)	4	2	6
	Модульна контрольна робота №1			1
<b>ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2. ”Методи обчислення спектрів. Багатовимірні спектри та їх аналіз”</b>				
5	Поняття про лінійні системи	2	2	6
6	Дискретне перетворення Фур'є. Методи обчислення спектрів	4	4	6
7	Багатовимірні спектри та їх аналіз	4	2	6
8	Секвентний аналіз	2		4
	Модульна контрольна робота №2			1
	<b>Залік</b>	2		
<b>Всього годин за семестр - 90, з них:</b>		<b>28</b>	<b>14</b>	<b>46</b>

Загальний обсяг **90 год.**, в тому числі:

Лекції – **28 год.**

Лабораторні – **14 год.**

Консультації - **2 год.**

Залік – **2 год.**

Самостійна робота – **46 год.**

**Тематика практичних занять:**

1. Перетворення Фур'є. Теорема про перетворення Фур'є.
2. Поточний та миттєвий спектри, спектри типових імпульсів.
3. Теорема відліків для одновимірних функцій (інтерполяційний ряд Котельникова-Шеннона).
4. Поняття про лінійні системи
5. Дискретне перетворення Фур'є. Методи обчислення спектрів.
6. Багатовимірні спектри та їх аналіз.

## 8. Рекомендовані джерела:

### Основні:

1. *Bath Markus. Spectral Analysis in Geophysics. Developments in Solid Earth Geophysics 7. Published by Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, Oxford, New York, 1974, 579 p.*
2. *Lawrence S., Jr. Marple. Digital Spectral Analysis: Second Edition. Courier Dover Publications, Mineola, New York, 2019, 432 p.*
3. *Julius S. Bendat, Allan G. Piersol. Engineering Applications of Correlation and Spectral Analysis, 2nd Edition. Publisher: Wiley-Interscience; 2nd edition, 2013, 472 p.*
4. *Julius S. Bendat, Allan G. Piersol. Random Data: Analysis and Measurement Procedures, Fourth Edition. Copyright: John Wiley & Sons, 2010, 640 p.*
5. *Вижва З.О. Статистичне моделювання в геології. Навч. посібн. 2019, 397 с. <http://www.mechmat.univ.kiev.ua/golovna/fakul-tet/biblioteka/>*
6. *Вижва З.О. Статистичне моделювання випадкових процесів та полів . К.: ВГЛ «Обрії», 2011, 388 с.*

### Додаткові:

7. *Ядренко М.И. Спектральная теория случайных полей. К. 1980.*
8. *Ahmed N., K.R. Rao. Orthogonal Transforms for Digital Signal Processing. Publisher: Springer; Softcover reprint of the original 1st ed. 1975 ed., 2012, 276 p.*
9. *Blahut R, E.. Fast Algorithms for Signal Processing. Publisher: Springer; Softcover reprint of the original 1st ed. 1975 ed. 2012, 466 p.*