

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МАТЕМАТИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ФУНДАМЕНТАЛЬНОЇ ТА ПРИКЛАДНОЇ МАТЕМАТИКИ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Декан математичного факультету

С.І. Гоменюк
(ініціали та прізвище)

(підпис)

« » 2023 р.

**НЕКОРЕКТНІ ЗАДАЧІ В АНАЛІЗІ
РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

підготовки магістра
очної (денної) та заочної (дистанційної) форм здобуття освіти
спеціальності 111 Математика
освітньо-професійна програма «Математика»

Укладач: Панасенко Є.В., кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри
фундаментальної та прикладної математики

Обговорено та ухвалено
на засіданні кафедри фундаментальної
та прикладної математики

Протокол № від “ ” 2023 р.
Завідувач кафедри

С.М. Гребенюк
(ініціали, прізвище)

Ухвалено науково-методичною радою
математичного факультету

Протокол №1 від “31” 08 2023 р.
Голова науково-методичної ради
математичного факультету

О.С. Пшенична
(ініціали, прізвище)

Погоджено
Гарант освітньо-професійної програми

І.В. Красікова
(ініціали, прізвище)

2023 рік

1. Опис навчальної дисципліни

1	2	3	
Галузь знань, спеціальність, освітня програма рівень вищої освіти	Нормативні показники для планування і розподілу дисципліни на змістові модулі	Характеристика навчальної дисципліни	
		очна (денна) форма здобуття освіти	заочна (дистанційна) форма здобуття освіти
Галузь знань 11 Математика та статистика	Кількість кредитів – 5	Вибіркова	
		Блок дисциплін вільного вибору студента в межах спеціальності	
Спеціальність 111 Математика	Загальна кількість годин – 150	Семестр:	
		3-й	3-й
Освітньо-професійна програма Математика	Змістових модулів – 8	Лекції	
		20 год.	–
		Практичні	
		22 год.	–
Рівень вищої освіти: магістерський	Кількість поточних контрольних заходів – 16	Самостійна робота	
		108 год.	–
		Вид підсумкового семестрового контролю: залік	

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою вивчення навчальної дисципліни «Некоректні задачі в аналізі» є засвоєння систематичних знань із основних методів розв’язання некоректно поставлених задач; наближеного розв’язання обернених задач, що, в свою чергу, дає можливість аналізувати та моделювати процеси та явища в галузях майбутньої діяльності студентів як фахівців; набуття навичок із операторних методів функціонального аналізу.

Основними **завданнями** вивчення дисципліни «Некоректні задачі в аналізі» є:

- ознайомитися із основними методами регуляризації некоректних задач;
- ознайомитися із основними типами некоректних задач та методами їх розв’язання;
- засвоїти метод псевдорозв’язків;
- засвоїти метод квазірозв’язків;
- засвоїти метод регуляризації;
- набути вмінь із дослідження задач на коректність і наявність похибки;
- виробити навичок із використання умов Адамара;
- виробити навичок із регуляризації задач розв’язання операторних рівнянь.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен набути таких результатів навчання (знання, уміння тощо) та компетентностей:

Заплановані робочою програмою результати навчання та компетентності	Методи і контрольні заходи
1	2
<p>Загальні компетентності:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу. – Здатність виконувати інформаційні та комунікаційні технології. – Здатність вчитися та оволодівати сучасними знаннями. – Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел. – Здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня (з експертами з інших галузей знань/видів економічної діяльності). 	<p>Методи:</p> <p>Наочні методи (схеми, моделі, алгоритми). Словесні методи (лекція, пояснення, робота з підручником). Практичні методи (творчі завдання, контрольні, складання схем). Логічні методи (створення проблемної ситуації). Метод формування пізнавального інтересу (навчальна дискусія, створення цікавих ситуацій).</p>
<p>Програмні результати навчання</p> <ul style="list-style-type: none"> – Знати та вміти застосовувати методи регуляризації некоректних задач. 	<p>Методи контролю і самоконтролю (усний, письмовий, програмований). Самостійно-пошукові методи (індивідуальна робота).</p> <p>Контрольні заходи:</p> <ul style="list-style-type: none"> – теоретичне тестування за змістовим модулем; – індивідуальне практичне розрахункове завдання (ІПРЗ); – залікове тестування.

Міждисциплінарні зв'язки. Курс «Некоректні задачі в аналізі» є дисципліною з циклу вільного вибору студентів в межах спеціальності.

3. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Проблема коректності математичних задач

Коректність за дач за Адамаром та Тихоновим. Достатні умови коректності за Тихоновим. Коректно поставлена задача за Адамаром. Поняття стійкої на просторах задачі. Некоректно поставлені задачі. Регуляризація задачі з точними вихідними даними. Регуляризація задачі з наближеними даними. Регуляризація у загальному випадку.

Змістовий модуль 2. Розв'язування погано обумовлених систем

Розв'язування погано обумовлених систем лінійних алгебраїчних рівнянь. Погано обумовлені задачі. Міра коректності (обумовленості) матриці. Приклади некоректних задач. Аналіз похибок обчислень. Близькість до нуля визначника системи. Способи вибору параметрів регуляризації.

Змістовий модуль 3. Узагальнене поняття розв'язку та квазірозв'язку

Мінімум нев'язки. Поняття нормального розв'язку. Псевдорозв'язок матричного рівняння. Псевдообернена матриця. Ортопроектор. Альтернатива Фредгольма. Метод розв'язків на компактах. Метод квазірозв'язків. Квазірозв'язок рівняння. Квазірозв'язки матричного рівняння.

Змістовий модуль 4. Метод регуляризації для матричного та операторного рівнянь

Метод регуляризації для матричного рівняння. Поняття регуляризованого сімейство наближених розв'язків. Регуляризуючий алгоритмом для задачі. Вплив похибок вхідних даних, обчислень на розв'язок задачі. Регуляризована система. Метод регуляризації для операторного рівняння. Особливості застосування методу А.М. Тихонова до розв'язання операторних рівнянь.

Змістовий модуль 5. Оборнені задачі

Клас некоректних задач – оборнені задачі. Оборнена задача гравіметрії. Оборнена задача сейсморозвідки. Оборнені задачі неруйнівної ідентифікації властивостей матеріалів. Технологічні оборнені задачі. Задачі автоматизованої обробки результатів фізичних експериментів.

Змістовий модуль 6. Метод регуляризації для інтегрального рівняння Фредгольма першого роду

Метод регуляризації для інтегрального рівняння Фредгольма першого роду. Регуляризуючий алгоритм для рівняння Фредгольма першого роду з гладким ядром на основі методу А.М. Тихонова. Умова коректності для інтегрального рівняння першого роду. Скінченновимірна апроксимація функціонала. Некоректні екстремальні задачі.

Змістовий модуль 7. Некоректні екстремальні задачі

Задачі розв'язання операторного рівняння. Проблеми некоректності екстремальних задач. Задача пошуку мінімуму функціонала. Наближена мінімізація функціоналів. Коректно сформульована задача у метриці.

Змістовий модуль 8. Регуляризація екстремальних задач

Компактні множини та напівнеперервні функціонали. ρ -напівнеперервний знизу функціонал. Достатня умова коректності екстремальної задачі. Метод регуляризації А.М. Тихонова. Стабілізатор некоректної екстремальної задачі. Метод квазірозв'язків В.К. Іванова. Метод відхилів.

4. Структура навчальної дисципліни

Змістовий модуль	Усього годин	Аудиторні (контактні) години					Самостійна робота, год		Система накопичення балів		
		Усього годин	Лекційні заняття, год		Практичні заняття, год		о/д ф.	з/дист ф.	Теор. зав-ня, к-ть балів	Практ. зав-ня, к-ть балів	Усього балів
			о/д ф.	з/дист ф.	о/д ф.	з/дист ф.					
1	2	3	4	5	6	8	9	10	11	12	
1	15	4	2		2		13		2	5	7
2	15	8	4		4		14		2	5	7
3	15	8	4		4		13		3	5	8

4	15	6	2		4		14		3	5	8
5	15	4	2		2		13		2	5	7
6	15	4	2		2		14		2	5	7
7	15	4	2		2		13		3	5	8
8	15	4	2		2		14		3	5	8
Усього за змістові модулі	120	42	20		22		108		20	40	60
Підсумковий семестровий контроль екзамен	30						30		20	20	40
Загалом	150							100			

5. Теми лекційних занять

№ змістового модуля	Назва теми	Кількість годин	
		о/д ф.	з/дист ф.
1	2	3	4
1	1. Коректно і некоректно поставлені задачі.	2	
2	2. Розв'язування погано обумовлених систем. 3. Способи вибору параметрів регуляризації.	4	
3	4. Псевдорозв'язок матричного рівняння. 5. Метод квазірозв'язків. Квазірозв'язки матричного рівняння.	4	
4	6. Метод регуляризації для матричного рівняння.	2	
5	7. Обернені задачі.	2	
6	8. Метод регуляризації для інтегрального рівняння Фредгольма першого роду.	2	
7	9. Некоректні екстремальні задачі.	2	
8	10. Регуляризація екстремальних задач.	2	
Разом		20	

6. Теми практичних занять

№ змістового модуля	Назва теми	Кількість годин	
		о/д ф.	з/дист ф.
1	2	3	4
1	1. Коректно і некоректно поставлені задачі.	2	
2	2. Розв'язування погано обумовлених систем. 3. Способи вибору параметрів регуляризації.	4	
3	4. Псевдорозв'язок матричного рівняння. 5. Метод квазірозв'язків. Квазірозв'язки матричного рівняння.	4	
4	6. Метод регуляризації для матричного рівняння. 7. Метод регуляризації А.М. Тихонова для операторного рівняння.	4	
5	8. Обернені задачі.	2	
6	9. Метод регуляризації для інтегрального рівняння Фредгольма першого роду.	2	
7	10. Некоректні екстремальні задачі.	2	
8	11. Регуляризація екстремальних задач.	2	
Разом		22	

7. Види і зміст поточних контрольних заходів

№ змістового модуля	Вид поточного контрольного заходу	Зміст поточного контрольного заходу	Критерії оцінювання	Усього балів
1	2	3	4	5
1	Тест 1	Питання для підготовки: 1. Коректність за дач за Адамаром та Тихоновим. 2. Достатні умови коректності за Тихоновим. 3. Коректно поставлена задача за Адамаром. 4. Поняття стійкої на просторах задачі. 5. Некоректно поставлені задачі. 6. Регуляризація задачі з точними вихідними даними. 7. Регуляризація задачі з наближеними даними. 8. Регуляризація у загальному випадку.	Тестові питання оцінюються: правильно/неправильно. Кількість питань – 4. Правильна відповідь оцінюється у 0,5 бали.	2
	Практична робота 1	Звіт з практичної роботи оформлюється за вимогами, які висуваються до оформлення курсових і кваліфікаційних робіт для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра та магістра математичного факультету.	Кожне завдання лабораторної роботи за змістовим модулем оцінюється від 1 до 3 балів з урахуванням відповідей на запитання при захисті роботи. Загальна максимальна сума балів визначається кількістю завдань в роботі.	5
Усього за ЗМ 1 контр. заходів	2			7
2	Тест 2	Питання для підготовки: 1. Розв'язування погано обумовлених систем лінійних алгебраїчних рівнянь. 2. Погано обумовлені задачі. 3. Міра коректності (обумовленості) матриці. 4. Приклади некоректних задач. Аналіз похибок обчислень. 5. Близькість до нуля визначника системи. 6. Способи вибору параметрів регуляризації.	Тестові питання оцінюються: правильно/неправильно. Кількість питань – 4. Правильна відповідь оцінюється у 0,5 бали.	2
	Практична робота 2	Звіт з практичної роботи оформлюється за вимогами, які висуваються до оформлення курсових і кваліфікаційних робіт для здобувачів ступеня вищої освіти	Кожне завдання лабораторної роботи за змістовим модулем оцінюється від 1 до 3 балів з	5

		бакалавра та магістра математичного факультету.	урахуванням відповідей на запитання при захисті роботи. Загальна максимальна сума балів визначається кількістю завдань в роботі.	
Усього за ЗМ 2 контр. заходів	2			7
3	Тест 3	Питання для підготовки: 1. Мінімум нев'язки. Поняття нормального розв'язку. 2. Псевдорозв'язок матричного рівняння. 3. Псевдообернена матриця. 4. Ортопроектор 5. Альтернатива Фредгольма. Метод розв'язків на компактах. 6. Метод квазірозв'язків. 7. Квазірозв'язок рівняння. 8. Квазірозв'язки матричного рівняння.	Тестові питання оцінюються: правильно/неправильно. Кількість питань – 6. Правильна відповідь оцінюється у 0,5 бали.	3
	Практична робота 3	Звіт з практичної роботи оформлюється за вимогами, які висуваються до оформлення курсових і кваліфікаційних робіт для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра та магістра математичного факультету.	Кожне завдання лабораторної роботи за змістовим модулем оцінюється від 1 до 3 балів з урахуванням відповідей на запитання при захисті роботи. Загальна максимальна сума балів визначається кількістю завдань в роботі.	5
Усього за ЗМ 3 контр. заходів	2			8
4	Тест 4	Питання для підготовки: 1. Метод регуляризації для матричного рівняння. 2. Поняття регуляризованого сімейства наближених розв'язків. 3. Регуляризуючий алгоритм для задачі. 4. Вплив похибок вхідних даних, обчислень на розв'язок задачі. 5. Регуляризована система. 6. Метод регуляризації для операторного рівняння.	Тестові питання оцінюються: правильно/неправильно. Кількість питань – 6. Правильна відповідь оцінюється у 0,5 бали.	3

		7. Особливості застосування методу А.М. Тихонова до розв'язання операторних рівнянь.		
	Практична робота 4	Звіт з практичної роботи оформлюється за вимогами, які висуваються до оформлення курсових і кваліфікаційних робіт для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра та магістра математичного факультету.	Кожне завдання лабораторної роботи за змістовим модулем оцінюється від 1 до 3 балів з урахуванням відповідей на запитання при захисті роботи. Загальна максимальна сума балів визначається кількістю завдань в роботі.	5
Усього за ЗМ 4 контр. заходів	2			8
5	Тест 5	Питання для підготовки: 1. Клас некоректних задач – обернені задачі. 2. Обернена задача гравіметрії. 3. Обернена задача сейсмозвідки. 4. Обернені задачі неруйнівної ідентифікації властивостей матеріалів. 5. Технологічні обернені задачі. 6. Задачі автоматизованої обробки результатів фізичних експериментів.	Тестові питання оцінюються: правильно/неправильно. Кількість питань – 4. Правильна відповідь оцінюється у 0,5 бали.	2
	Практична робота 5	Звіт з практичної роботи оформлюється за вимогами, які висуваються до оформлення курсових і кваліфікаційних робіт для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра та магістра математичного факультету.	Кожне завдання лабораторної роботи за змістовим модулем оцінюється від 1 до 3 балів з урахуванням відповідей на запитання при захисті роботи. Загальна максимальна сума балів визначається кількістю завдань в роботі.	5
Усього за ЗМ 5 контр. заходів	2			7
6	Тест 6	Питання для підготовки: 1. Метод регуляризації для інтегрального рівняння Фредгольма першого роду. 2. Регуляризуючий алгоритм для рівняння Фредгольма першого	Тестові питання оцінюються: правильно/неправильно. Кількість питань – 4.	2

		<p>роду з гладким ядром на основі методу А.М. Тихонова.</p> <p>3. Умова коректності для інтегрального рівняння першого роду.</p> <p>4. Скінченновимірні апроксимація функціонала.</p> <p>5. Некоректні екстремальні задачі.</p>	Правильна відповідь оцінюється у 0,5 бали.	
	Практична робота 6	Звіт з практичної роботи оформлюється за вимогами, які висуваються до оформлення курсових і кваліфікаційних робіт для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра та магістра математичного факультету.	Кожне завдання лабораторної роботи за змістовим модулем оцінюється від 1 до 3 балів з урахуванням відповідей на запитання при захисті роботи. Загальна максимальна сума балів визначається кількістю завдань в роботі.	5
Усього за ЗМ 6 контр. заходів	2			7
7	Тест 7	<p>Питання для підготовки:</p> <p>1. Задачі розв'язання операторного рівняння.</p> <p>2. Проблеми некоректності екстремальних задач.</p> <p>3. Задача пошуку мінімуму функціонала.</p> <p>4. Наближена мінімізація функціоналів.</p> <p>5. Коректно сформульована задача у метриці.</p>	Тестові питання оцінюються: правильно/неправильно. Кількість питань – 6. Правильна відповідь оцінюється у 0,5 бали.	3
	Практична робота 7	Звіт з практичної роботи оформлюється за вимогами, які висуваються до оформлення курсових і кваліфікаційних робіт для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра та магістра математичного факультету.	Кожне завдання лабораторної роботи за змістовим модулем оцінюється від 1 до 3 балів з урахуванням відповідей на запитання при захисті роботи. Загальна максимальна сума балів визначається кількістю завдань в роботі.	5
Усього за ЗМ 7 контр. заходів	2			8
8	Тест 8	Питання для підготовки:	Тестові питання оцінюються:	3

		<ol style="list-style-type: none"> 1. Компактні множини та напівнеперервні функціонали. 2. ρ-напівнеперервний знизу функціонал. 3. Достатня умова коректності екстремальної задачі. 4. Метод регуляризації А.М. Тихонова. 5. Стабілізатор некоректної екстремальної задачі. 6. Метод квазірозв'язків В.К. Іванова. 7. Метод відхилів. 	<p>правильно/ неправильно. Кількість питань – 6. Правильна відповідь оцінюється у 0,5 бали.</p>	
	Практична робота 8	Звіт з практичної роботи оформлюється за вимогами, які висуваються до оформлення курсових і кваліфікаційних робіт для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра та магістра математичного факультету.	Кожне завдання лабораторної роботи за змістовим модулем оцінюється від 1 до 3 балів з урахуванням відповідей на запитання при захисті роботи. Загальна максимальна сума балів визначається кількістю завдань в роботі.	5
Усього за ЗМ 8 контр. заходів	2			8
Усього за змістові модулі контр. заходів	16			60

8. Підсумковий семестровий контроль

Форма	Види підсумкових контрольних заходів	Зміст підсумкового контрольного заходу	Критерії оцінювання	Усього балів
1	2	3	4	5
Підсумковий контроль	Залік	Питання для підготовки: див. питання до ЗМ 1–8 у таблиці 7. Усна частина підсумкового контролю передбачає розгорнуту та обґрунтовану відповідь на два теоретичних питання (з письмовою фіксацією всіх відповідей) і	Залік проводиться в усній формі при очній формі навчання. Підсумковий контроль містить два теоретичних питання. За відповіді на теоретичні питання підсумкового контролю студент може отримати до 20 балів (за розгорнуту і правильну відповідь на одне питання до 10 балів).	20

		розгорнуте розв'язання одного практичного завдання. У разі дистанційної форми навчання залік проходить у тестовій формі через платформу Moodle.	У разі дистанційної форми навчання залік проходить у тестовій формі через платформу Moodle. Підсумковий тест складається із 20 тестових питань. Правильна відповідь оцінюється у 1 бал або всього за підсумковий тест можна отримати до 20 балів.	
	Практичне завдання: індивідуальне практичне розрахункове завдання (ІПРЗ)	Підсумкове практичне завдання або індивідуальне практичне розрахункове завдання (ІПРЗ) складається з комплексного завдання. Звіт по виконаному ІПРЗ оформлюється за вимогами, які висуваються до оформлення курсових і кваліфікаційних робіт для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра та магістра математичного факультету. ІПРЗ здається на заліковому тижні.	ІПРЗ складається з 4 завдань, за кожне з яких студент може отримати до 5 балів, з урахуванням відповідей на запитання при захисті роботи.	20
Усього за підсумковий семестровий контроль	2			40

9. Рекомендована література

Основна:

1. Гребенюк С.М., Панасенко Є.В., Тітова О.О. Методи розв'язання некоректних задач : навчальний посібник для студентів освітньо-кваліфікаційного рівня «спеціаліст» і освітнього ступеня «магістр» спеціальності «Математика». Запоріжжя : Запорізький національний університет, 2016. 64 с.
2. Охріменко М.Г., Жуковська О.А., Купка О.О. Методи розв'язування некоректно поставлених задач. Київ : Видавництво «Центр учбової літератури», 2019. 166 с.
3. Охріменко М.Г., Фартушний І.Д., Кулик А.Б. Некоректно поставлені задачі та методи їх розв'язування : Підручник. Київ : Видавництво «Політехніка», 2016. 225 с.

4. Кузьменко В.І. Конспект лекцій із курсу «Некоректні задачі». Дніпропетровськ : Дніпропетровський національний університет, 2009. 76 с.

Додаткова:

1. Бомба А. Я., Бойчура М. В. Методичні вказівки з навчальної дисципліни «Методи розв'язування некоректних задач». Рівне : Національний університет водного господарства та природокористування, 2021р. 30 с.
2. Ободан Н.І., Гук Н.А. Обернені задачі ідентифікації моделей : навчальний посібник. Дніпропетровськ : Дніпропетровський національний університет, 2013. 48 с.
3. Пархомчук Д.М., Тимошенко Ю.О. Аналітичний розв'язок некоректних задач динамічними методами. *Системні дослідження та інформаційні технології*. 2015. № 4. С. 97–103

Інформаційні джерела:

1. Система комп'ютерної алгебри Maxima. URL: <https://maxima.sourceforge.io/>
2. Математичні додатки GeoGebra. URL: <https://www.geogebra.org/?lang=uk>