

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра прикладної математики

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Декан факультету
математики і інформатики

Григорій ЖОЛТКЕВИЧ



08 2023 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Чисельні методи розв'язання диференціальних та інтегральних рівнянь (назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

галузь знань 11 – Математика та статистика

спеціальність 113 – Прикладна математика
(шифр і назва)

освітня програма Прикладна математика
(шифр і назва)

спеціалізація _____
(шифр і назва)

вид дисципліни обов'язкова
(обов'язкова / за вибором)

факультет математики і інформатики

2023/ 2024 навчальний рік

Кафедра прикладної математики

Програму рекомендовано до затвердження Вченою радою факультету математики і інформатики

“29” серпня 2023 року, протокол №8

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ: *Духопельников Сергій Володимирович*, канд. тех. наук, доцент кафедри прикладної математики.

Програму схвалено на засіданні кафедри Прикладної математики
Протокол від “28” серпня 2023 року №10

Завідувач кафедри Прикладної математики



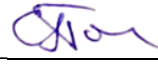
(підпис)

Валерій КОРОБОВ

(прізвище та ініціали)

Програму погоджено з гарантом освітньо-професійної програми (керівником проектної групи) Прикладна математика
назва освітньої програми

Гарант освітньо-професійної програми
(керівник проектної групи) Прикладна математика



(підпис)

Сергій ПОСЛАВСЬКИЙ

(прізвище та ініціали)

Програму погоджено науково-методичною комісією факультету математики і інформатики Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна
назва факультету, для здобувачів вищої освіти якого викладається навчальна дисципліна

Протокол від “29” серпня 2023 року, протокол №1

Голова науково-методичної комісії факультету математики і інформатики



(підпис)

Ольга АНОЩЕНКО

(прізвище та ініціали)

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни «**Чисельні методи розв'язання диференціальних та інтегральних рівнянь**» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки

бакалавр

(назва рівня вищої освіти)

спеціальності (напрямку) 113 – Прикладна математика

спеціалізації _____

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Мета викладання навчальної дисципліни

Метою викладання навчальної дисципліни є надання знань про наближені чисельні методи розв'язання диференціальних та інтегральних рівнянь в задачах механіки, фізики.

1.2. Основні завдання вивчення дисципліни

Вивчення наближених методів розв'язання гіперсингулярних, сингулярних та з логарифмічною особливістю інтегральних рівнянь, метод дискретних особливостей. Вивчення наближених методів розв'язання диференціальних рівнянь методами скінченних різниць та скінченних елементів.

1.3. Кількість кредитів – 4

1.4. Загальна кількість годин – 120

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
обов'язкова	
Денна форма навчання	Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки	
4-й	-й
Семестр	
8-й	-й
Лекції	
32 год.	год.
Практичні, семінарські заняття	
32 год.	год.
Лабораторні заняття	
год.	год.
Самостійна робота	
56 год.	год.
в тому числі індивідуальні завдання	
6 год.	

1.6. Заплановані результати навчання.

Студенти повинні досягти таких результатів навчання:

Знати:

1. Метод скінченних різниць.

2. Метод Гальоркіна.
3. Інтегральні рівняння Фредгольма I та II роду.
4. Метод дискретних особливостей.

Вміти:

1. Зводити диференційне рівняння до різницевого рівнянь.
2. Будувати розв'язок диференційного рівняння з граничною умовою за допомогою метода Гальоркіна.
3. Застосовувати параметричні представлення інтегральних операторів для отримання інтегральних рівнянь.
4. Застосовувати метод дискретних особливостей для чисельного розв'язку граничних інтегральних рівнянь.

2. Тематичний план навчальної дисципліни

Розділ 1. Чисельні методи розв'язку деяких диференційних рівнянь.

Тема 1. Метод скінчених різниць

Різницеві рівняння, їх типи, способи розв'язання та властивості. Поняття сітки у часовій та координатній області. Побудова дискретного розв'язку задач теплопровідності та хвильових задач.

Тема 2. Метод скінчених елементів. Метод Гальоркіна.

Основні види методу скінчених елементів. Означення, приклади базисних функцій. Особливості застосування методу Гальоркіна до рішення граничних задач.

Розділ 2. Чисельні методи розв'язку деяких інтегральних рівнянь

Тема 3. Граничні інтегральні рівняння

Елементи теорії Фредгольма. Інтегральні рівняння I та II роду. Інтегральні рівняння, які мають особливість: логарифмічну, сингулярну, гіперсингулярну.

Тема 4. Зв'язок диференційних та інтегральних рівнянь

Параметричні представлення інтегральних операторів. Зведення диференційного рівняння Гельмгольца з граничною умовою до граничного інтегрального рівняння.

Тема 5. Зведення інтегральних рівнянь до систем лінійних алгебраїчних рівнянь. Метод дискретних особливостей.

Квадратурні формули інтерполяційного типу для інтегральних операторів: гіперсингулярних, сингулярних, з логарифмічною особливістю. Вибір точок інтерполяції та колокації. Вагові функції. Оцінки швидкості збіжності

3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин											
	денна форма						заочна форма					
	усь го	у тому числі					усь ого	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	с.р		л	п	лаб	інд	с.р
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Розділ 1. Чисельні методи розв'язку деяких диференційних рівнянь.												
Тема 1. Метод скінчених різниць	18	4	6			8						
Тема 2. Метод скінчених	22	4	6			12						

елементів. Метод Гальоркіна.												
Разом за розділом 1	40	8	12			20						
Розділ 2. Чисельні методи розв'язку деяких інтегральних рівнянь.												
Тема 3. Граничні інтегральні рівняння	20	8	4			8						
Тема 4. Зв'язок диференційних та інтегральних рівнянь	16	4	4			8						
Тема 5. Зведення інтегральних рівнянь до систем лінійних алгебраїчних рівнянь. Метод дискретних особливостей.	38	12	12			14						
Індивідуальне завдання (ІДЗ)	6					6						
Разом за розділом 2	80	24	20			36						
Усього годин	120	32	32			56						

4. Теми семінарських (практичних, лабораторних) занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Побудова дискретного розв'язку задач теплопровідності та хвильових задач.	2
2	Розробка та реалізація комп'ютерного алгоритму розв'язку граничної задачі за допомогою методу скінчених різниць.	4
3	Розробка та реалізація комп'ютерного алгоритму розв'язку граничної задачі за допомогою методу Гальоркіна.	4
4	Дослідження збіжності розв'язків знайдених методами Гальоркіна та скінчених різниць	2
5	Інтегральні рівняння Фредгольма I та II роду.	4
6	Граничні інтегральні рівняння для рівняння Гельмгольца з заданою граничною умовою	4
7	Зведення гіперсингулярного та сингулярного граничного інтегрального рівняння до системи лінійних алгебраїчних рівнянь	4
8	Розробка та реалізація комп'ютерного алгоритму розв'язку граничного гіперсингулярного та сингулярного інтегрального рівняння. Метод дискретних особливостей	6
9	Перевірка збіжності, визначення швидкості збіжності наближеного розв'язку	2
	Разом	32

5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи	Кількість годин
1	Виконання домашніх завдань за розділом «Чисельні методи розв'язання деяких диференційних рівнянь»	20
2	Виконання домашніх завдань за розділом «Чисельні методи	30

	розв'язання деяких інтегральних рівнянь»	
3	Виконання індивідуального завдання за розділом «Чисельні методи розв'язання деяких інтегральних рівнянь»	6
	Разом	56

6. Індивідуальні завдання

Побудова та реалізація чисельних алгоритмів для розв'язання деяких диференціальних та інтегральних рівнянь.

7. Методи навчання

Використовуються пояснювально-ілюстративний (лекції і практичні заняття), репродуктивний (виконання домашніх завдань) і частково-пошуковий (розрахунково-графічна робота) методи.

8. Методи контролю

Перевірка виконання домашніх завдань, поточне опитування за лекційним матеріалом, перевірка індивідуального (розрахунково-графічного) завдання; перевірка залікової роботи.

9. Схема нарахування балів

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання					Залікова робота	Сума
Розділ 1	Розділ 2	Контрольна робота, передбачена навчальним планом	Індивідуальне завдання	Разом		
T1-T3	T4-T9					
10	20	---	30	60	40	100

Для допуску до складання підсумкового контролю (заліку) здобувач вищої освіти повинен набрати не менше 10 балів з навчальної дисципліни під час поточного контролю, самостійної роботи, індивідуального завдання.

Шкала оцінювання (дворівнева)

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка
50-100	зараховано
1-49	не зараховано

Критерії оцінювання

Поточний контроль: бали нараховуються за виконання домашніх завдань, до 10 балів за перший розділ та 20 балів за другий, і активність під час практичних занять.

Індивідуальне завдання складається з двох частин. Перша частина – математичне та чисельне моделювання, друга частина – написання коду програми та висновки по отриманим результатам, максимальна кількість балів по кожній частині доводиться до відома студентів заздалегідь.

1. Перше завдання вимагає повного та обґрунтованого розв'язку. Завдання оцінюється у 10 балів. Якщо при виконанні завдання отриманий частковий розв'язок (побудована математична модель, але не отримано чисельного алгоритму), оцінюється в 5 балів.

2. Друге завдання вимагає написання програмного коду, проведення розрахунків, їх візуалізація та обґрунтування отриманих результатів оцінюється у 20 балів. Якщо при виконанні завдання отриманий частковий результат (код програми написано частково, без кінцевих обрахунків чи візуалізації та висновків) відповідний пункт оцінюється в 8 балів. Якщо при виконанні завдання отримані вірні обрахунки без обґрунтування отриманих результатів, відповідний пункт оцінюється в 13 балів. Незначні технічні помилки (арифметичного або чисельного характеру) не впливають на оцінку, якщо вони не привели до неправильних якісних висновків.

Залікова робота складається з трьох завдань і передбачає письмову відповідь на одне питання зі списку, який надається студентам заздалегідь, а також розв'язання двох задач.

Кожна задача оцінюється максимально 10 балами та теоретичне питання зі списку максимально 20 балами.

По кожному завданню нараховується:

- максимальний бал у разі правильної обґрунтованої відповіді;
- за незначні та за арифметичні помилки оцінка зменшується від 10 до 30 відсотків;
- за значні логічні помилки оцінка зменшується до 50 відсотків, якщо хід розв'язання в цілому правильний,
- у разі частково вірних міркувань за відсутності обґрунтованої відповіді виставляється до 30 відсотків від максимальної кількості балів
- розв'язання не відповідає жодному з критеріїв, які сформульовані вище – виставляється 0 балів.

10. Рекомендована література

Основна література

1. Задачин В. М. Чисельні методи : Навчальний посібник / Задачин В. М., Конюшенко І. Г. – Харків. Вид. ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2014. – 180 с.
http://kist.ntu.edu.ua/textPhD/CHM_Zadachin.pdf
2. Л.О. Волонтир. Чисельні методи: Навчальний посібник/ Л.О. Волонтир, Л.В.Зелінська, Н.А. Потапова, І.А. Чіков – Вінницький національний аграрний університет. – Вінниця: ВНАУ, 2020 – 322 с
<http://repository.vsau.org/getfile.php/27703.pdf>
3. Різницеві рівняння: методичні вказівки для вивчення розділів математики / Укладач В.І. Урманчев. – Київ, 2018. – 44 с.
4. Computational Galerkin Methods / C. A. J. Fletcher – Springer, 1984. – p. 309.
5. David Colton, Inverse Acoustic and Electromagnetic Scattering Theory/ David Colton, Rainer Kress. – Springer, 2013. – p. 405.
6. I.K. Lifanov, Hypersingular Integral Equations and Their Applications/ I.K. Lifanov, L.N. Poltavskii, G.M. Vainikko, – CRC Press, 2003. – p. 416.

Допоміжна література

1. ВГ Бондаренко · 2018 — Рівняння математичної фізики: [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 124 «системний аналіз» /. В.Г.Бондаренко ; КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018, с.100.
https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/31956/1/RivnMatFiz_Posibnyk.pdf

2. Gandel, Yu. V. Boundary-value problems for the Helmholtz equation and their discrete mathematical models. / *Journal of Mathematical Sciences (United States)* V. 171, Issue 1, pp. 74 – 88. – 2010.
3. Kononenko, O. S. Singular and hypersingular integral equations techniques for gyrotron coaxial resonators with a corrugated insert / Kononenko, O. S., Gandel, Yu. V. *International Journal of Infrared and Millimeter Waves* V. 28, Issue 4, pp. 267 – 274. 2007.
4. Nazarchuk Z.T. Diffraction of H-polarized electromagnetic waves by partially shielded dielectric cylinder / Nazarchuk Z.T.;Khmil' Z.M.*Radiophysics and quantum electronics.* V.36, Issue 3-4, pp. 187-197, 1993.
5. J. Tsalamengas, Exponentially converging Nystrom's methods for systems of SIEs with applications to open/closed striporslot-loaded 2-D structures / *IEEE Trans. AntennasPropag.*, vol. 54, no. 5, pp. 1549-1558, 2006
6. S.V. Dukhopelnykov, R. Sauleau, M. Garcia-Vigueras, A.I. Nosich, "Combined plasmon-resonance and photonic-jet effect in the THz wave scattering by dielectric rod decorated with graphene strip," *J. Applied Physics*, vol. 126, art. no 023104, 2019. Special Issue on High Refractive Index Dielectric Nanoresonators and Metasurfaces.
7. S.V. Dukhopelnykov, R. Sauleau, A.I. Nosich, "Integral equation analysis of terahertz backscattering from circular dielectric rod with partial graphene cover," *IEEE J. of Quantum Electronics*, vol. 56, no 6, art. no 8500208, 2020.
8. F.O. Yevtushenko, S.V. Dukhopelnykov, A.I. Nosich, "H-polarized plane-wave scattering by a PEC strip grating on top of a dielectric substrate: analytical regularization based on the Riemann-Hilbert Problem solution," *J. of Electromagnetic Waves and Applications*, vol. 34, no 4, pp. 483-499, 2020.