

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЇ МАТЕМАТИКИ І МЕХАНІКИ**

«ЗАТВЕРДЖУЮ»



Директор ІПММ НАН України
академік НАН України
Ігор СКРИПНІК
« 25 » вересня 2025 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Крайові задачі теорії різницево-алгебраїчних рівнянь

**підготовки здобувачів ступеня вищої освіти
треть (освітньо-науковий)
доктора філософії**

галузь знань 11 Математика та статистика

спеціальність 111 Математика

Черкаси – 2025 р.

Робоча навчальна програма навчальної дисципліни «Крайові задачі теорії різницево-алгебраїчних рівнянь» для здобувачів наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 111 Математика.

Розробники:

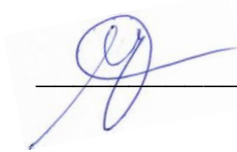
Чуйко С.М., провідний науковий співробітник відділу нелінійного аналізу та рівнянь математичної фізики Інституту прикладної математики і механіки НАН України, доктор фізико-математичних наук, професор

Нєсмєлова О.В., заступник директора з наукової роботи Інституту прикладної математики і механіки НАН України, доктор фізико-математичних наук, доцент

Робочу програму схвалено на засіданні відділу нелінійного аналізу та рівнянь математичної фізики

Протокол № 2 від 18.09.2025 року.

Завідувач відділу



І.І. Скрипник

Схвалено Науково-методичною радою Інституту прикладної математики і механіки НАН України

Протокол № 4 від 22 вересня 2025 року.

Голова науково-методичної ради



О.В. Нєсмєлова

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
Кількість кредитів - 4	Галузь знань: 11 Математика та статистика	Вибіркова	
Загальна кількість годин – 120	Спеціальність: 111 Математика	Рік підготовки:	
		1-й	
		Семестр	
		2-й	3-й
		Лекції	
Тижневих годин: аудиторних – 1,5 самостійної роботи – 1,5	Освітньо-кваліфікаційний рівень: доктор філософії	28 год.	
		Практичні	
		28 год.	
		Самостійна робота	
		64 год.	
		Вид контролю: іспит	

2. Мета, завдання та очікувані результати навчальної дисципліни.

Метою навчальної дисципліни «Крайові задачі теорії різницево-алгебраїчних рівнянь» є ознайомлення аспірантів з основними теоретичними положеннями сучасної теорії різницевих та різницево-алгебраїчних рівнянь, оволодіння навичками аналітичного дослідження та чисельного розв'язання різницевих та різницево-алгебраїчних рівнянь.

Завдання навчальної дисципліни: є оволодіння основними поняттями та твердженнями сучасної теорії різницево-алгебраїчних рівнянь, оволодіння методами дослідження та побудови наближених розв'язків різницевих та різницево-алгебраїчних рівнянь.

Очікувані результати навчальної дисципліни

Загальні компетентності:

1. Аналіз і синтез. Здатність до аналізу та синтезу на основі логічних аргументів та перевірених фактів; навички управління інформацією (уміння знаходити та аналізувати інформацію з різних джерел) (ЗК 1).

2. Дослідницька здатність. Компетентності ініціювати, виконувати та здійснювати управління науковими проєктами (індивідуально або в науковій групі), які приводять до отримання нових знань, складати пропозиції щодо фінансування наукових досліджень; здатність застосовувати знання на практиці (ЗК 2).

3. Гнучкість мислення. Набуття гнучкого способу мислення, який дає можливість зрозуміти й розв'язати проблеми та задачі, зберігаючи при цьому критичне відношення до усталених наукових концепцій (ЗК 3).

4. Комунікативні навички. Здатність ефективно спілкуватися із спеціальною та загальною аудиторіями, а також представляти складну інформацію у зручній та зрозумілій спосіб усно і письмово, використовуючи відповідну технічну лексику та методи; навички використання інформаційних і комунікаційних технологій; здатність спілкуватися рідною та другою іноземною мовою як усно, так і письмово (ЗК 6).

5. Міжнародний кругозір. Здатність працювати в міжнародному середовищі, ставитися із повагою до національних та культурних традицій, способів роботи інших членів групи (ЗК 7).

6. Популяризаційні навички. Вміння спілкуватися із нефахівцями; здатність провести усну презентацію та написати зрозумілу статтю за результатами проведених досліджень, а також щодо сучасних концепцій у математиці для нефахівців у цій галузі (ЗК 8).

7. Етичні установки. Етика поведінки в наукових дослідженнях; турбота про якість результату (ЗК 11).

8. Особисті якості. Здатність до навчання, саморозвитку та самовдосконалення протягом життя; визначеність і наполегливість щодо поставлених завдань і взятих обов'язків (ЗК 12).

Фахові компетентності:

1. Здатність застосовувати сучасну методологію, загальні та спеціальні методи наукового дослідження за спеціальністю та обраною спеціалізацією (ФК 2).

2. Здатність логічно мислити, формулювати, строго доводити та перевіряти правильність математичних тверджень (ФК 4).

3. Здатність здійснювати теоретичні дослідження математичних задач з використанням спеціальних математичних пакетів та аналізувати отримані дані (ФК 7).

4. Оволодіння основними поняттями, підходами та принципами сучасних розділів функціонального аналізу, рівнянь математичної фізики та теорії диференціальних рівнянь, застосування абстрактних методів при розв'язанні задач (ФК 12);

5. Оволодіння сучасними методами теорії граничних задач, теорії узагальнених функцій, теорії операторів (ФК 13).

6. Оволодіння спеціальними розділами та методами досліджень теорії функціонального аналізу та теорії диференціальних рівнянь, набуття умінь ефективно застосовувати їх для аналізу складних систем та явищ (ФК 14).

Програмні результати навчання:

1. Знати та розуміти традиційні та передові тенденції в галузі математики, етапи історичного розвитку математичних знань і парадигм, формування поглибленої системи наукових знань за напрямом досліджень (ПРН-1).

2. Знати основні принципи, форми та методи проведення наукових досліджень в галузі математики, володіти математичним апаратом в об'ємі, достатньому для професійної діяльності (ПРН-3).

3. Вміти за допомогою теоретичного математичного апарату досліджувати різноманітні природні явища та процеси, проводити аналіз впливу на них різних факторів, а також вивчати взаємодію між явищами з метою отримання переконливо доведених і корисних фундаментальних та практичних результатів (ПРН-5).

4. Здійснювати професійну письмову й усну комунікацію українською та іноземними мовами. Уміти працювати зі спеціальною літературою та наукометричними базами даних, в тому числі іноземною мовою (ПРН-8).

5. Вміти організувати неперервний власний саморозвиток і самовдосконалення, набуття гнучкого способу мислення при творчому дослідженні, в тому числі прикладних математичних проблем (ПРН-10).

6. Вміти формулювати наукові проблеми з огляду на цінні стін орієнтири сучасного суспільства та стану її поточного дослідження (ПРН-11).

7. Розв'язувати фундаментальні та прикладні задачі придатними математичними методами, перевіряти умови виконання математичних тверджень, коректно переносити умови та твердження на нові класи об'єктів, знаходити й аналізувати відповідності між поставленою задачею й відомими моделями, будувати та досліджувати нові математичні моделі (ПРН-12).

8. Знати теоретичні основи і застосовувати методи сучасної теорії диференціальних рівнянь та теорії нелінійних коливань для розв'язування фундаментальних та прикладних задач (ПРН-16).

9. Знати теоретичні основи і застосовувати методи сучасної наукової теорії функціонального аналізу, основні властивості диференціальних операторів, узагальнених функцій і вміння ефективно застосовувати їх для синтезу і аналізу складних систем та явищ (ПРН 17).

10. Знати теоретичні основи і застосовувати методи теорії граничних задач для диференціальних рівнянь (ПРН 18).

За результатами вивчення навчальної дисципліни здобувач доктора філософії повинен:

знати:

- основні етапи історичного розвитку теорії різницевих рівнянь;
- знати основні поняття та методи теорії різницевих рівнянь;
- умови розв'язності та схему побудови розв'язків лінійних крайових задач для різницевих та різницево-алгебраїчних рівнянь.

вміти:

- вміти досліджувати і розв'язувати лінійні різницеві рівняння першого та більш високих порядків;
- використовувати метод скінченних різниць та метод підсумовування по частинам для дослідження лінійних різницевих та різницево-алгебраїчних рівнянь;
- досліджувати та знаходити розв'язки лінійних крайових задач для різницевих та різницево-алгебраїчних рівнянь;
- застосовувати теоретичні знання і практичні навички, використовуючи вивчений матеріал, додаткову та довідникову літературу та приймати на їх основі обґрунтовані рішення.

3. Програма навчальної дисципліни

Тема 1. Вступ до теорії різницево-алгебраїчних рівнянь. Поняття скінченної різниці та різницевого рівняння.

Тема 2. Задача про підсумовування елементів послідовності.

Тема 3. Метод скінченних різниць.

Тема 4. Метод підсумовування по частинам.

Тема 5. Використання похідних для підсумовування послідовностей.

Тема 6. Лінійні однорідні різницеві рівняння першого порядку.

Тема 7. Лінійні неоднорідні різницеві рівняння першого порядку.

Тема 8. Лінійні різницеві рівняння другого порядку.

Тема 9. Лінійні різницеві рівняння n -го порядку.

Тема 10. Невироджені системи лінійних різницевих рівнянь.

Тема 11. Лінійна крайова задача для системи різницевих рівнянь.

Тема 12. Невироджені лінійні різницево-алгебраїчні рівняння.

Тема 13. Невироджені системи лінійних різницево-алгебраїчних рівнянь.

Тема 14. Лінійна крайова задача для різницево-алгебраїчного рівняння.

4. Структура навчальної дисципліни

Назва теми	Кількість годин			
	Усього	у тому числі		
		Лекції	Практичні заняття	Самостійна робота
1	2	3	4	5
Тема 1. Вступ до теорії різницево-алгебраїчних рівнянь. Поняття скінченної різниці та різницевого рівняння. Дискретні динамічні системи.	8	2	2	4
Тема 2. Задача про підсумовування елементів послідовності.	8	2	2	4
Тема 3. Метод скінченних різниць.	8	2	2	4
Тема 4. Метод підсумовування по частинам.	8	2	2	4
Тема 5. Використання похідних для підсумовування послідовностей.	8	2	2	4
Тема 6. Лінійні однорідні різницеві рівняння першого порядку.	8	2	2	4
Тема 7. Лінійні неоднорідні різницеві рівняння першого порядку.	9	2	2	5
Тема 8. Лінійні різницеві рівняння другого порядку.	9	2	2	5
Тема 9. Лінійні різницеві рівняння n-го порядку	9	2	2	5
Тема 10. Невироджені системи лінійних різницевих рівнянь.	9	2	2	5
Тема 11. Лінійна крайова задача для системи різницевих рівнянь.	9	2	2	5
Тема 12. Невироджені лінійні різницево-алгебраїчні рівняння.	9	2	2	5
Тема 13. Невироджені системи лінійних різницево-алгебраїчних рівнянь.	9	2	2	5
Тема 14. Лінійна крайова задача для різницево-алгебраїчного рівняння.	9	2	2	5
Усього годин	90	28	28	64

5. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1.	Вступ до теорії різницево-алгебраїчних рівнянь. Поняття скінченної різниці та різницевого рівняння.	2
2.	Розв'язування задачі про підсумовування елементів	2

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
	послідовності.	
3.	Застосування методу скінченних різниць.	2
4.	Застосування методу підсумовування по частинам.	2
5.	Використання похідних для підсумовування послідовностей.	2
6.	Дослідження лінійного однорідного різницевого рівняння першого порядку.	2
7.	Дослідження лінійних неоднорідного різницевого рівняння першого порядку.	2
8.	Дослідження лінійного різницевого рівняння другого порядку.	2
9.	Дослідження лінійного різницевого рівняння n -го порядку	2
10.	Дослідження невиродженої системи лінійних різницевих рівнянь.	2
11.	Дослідження лінійної крайової задачі для системи різницевих рівнянь.	2
12.	Дослідження невиродженого лінійного різницево-алгебраїчного рівняння.	2
13.	Дослідження невиродженої системи лінійних різницево-алгебраїчних рівнянь.	2
14.	Дослідження лінійної крайової задачі для різницево-алгебраїчного рівняння.	2
	Разом	28

6. Теми для самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Регуляризація задачі Коші для системи лінійних різницевих рівнянь.	10
2	Нелінійна різницева крайова задача у випадку параметричного резонансу.	10
3	Регуляризація лінійної невиродженої крайової задачі для системи різницевих рівнянь.	10
4	Регуляризація лінійної виродженої крайової задачі для системи різницевих рівнянь.	10
5	Лінійна крайова задача для матричного різницевого рівняння.	12
6	Умови розв'язності задачі Коші, оберненої до задачі Коші для різницевого рівняння.	12
	Разом	64

7. Методи навчання

При викладанні навчальної дисципліни «Крайові задачі теорії різницево-алгебраїчних рівнянь» використовуються такі методи навчання:

1. Пояснювально-ілюстративний метод. Аспіранти здобувають знання, слухаючи лекцію, з навчальної або методичної літератури, через екранний посібник у "готовому" вигляді. Сприймаючи й осмислюючи факти, оцінки, висновки, вони залишаються в межах репродуктивного мислення. Такий метод якнайширше застосовують для передавання значного масиву інформації. Його можна використовувати для викладення й засвоєння фактів, підходів, оцінок, висновків.

2. Дослідницький метод. Після аналізу матеріалу, постановки проблем та короткого усного або письмового інструктажу ті, кого навчають, самостійно вивчають літературу, шукають додаткову інформацію та виконують інші пошукові дії, після чого оброблюють отриману інформацію та роблять відповідні висновки. Ініціатива, самостійність, творчий пошук виявляються в дослідницькій діяльності найповніше.

3. Проблемно-пошуковий, основа якого полягає в утворенні у навчальному процесі пошукових ситуацій. Цей метод навчання розвиває активність, самостійність, творчі здібності.

8. Методи контролю

Використовуються наступні методи контролю:

1. Поточний контроль знань:
 - усне опитування;
 - виконання практичних робіт;
 - виконання контрольних робіт;
 - виконання дослідницьких завдань.
2. Підсумковий контроль знань (іспит):
 - екзаменаційні білети.

9. Критерії оцінювання результатів навчання

Розподіл балів, які отримує аспірант

Аудиторна робота															Самостійна Робота	Підсумковий контроль (іспит)	Загальна кількість отриманих балів
теми																	
T1	T2	T3	T4	T5	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14			
2 б.	2 б.	3 б.	3 б.	3 б.	3 б.	3 б.	3 б.	3 б.	3 б.	3 б.	3 б.	3 б.	3 б.	3 б.	20	40	100

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка за національною шкалою
	для іспиту
90-100	«відмінно» - здобувач повно і всебічно розкриває питання теми, вільно оперує поняттями і термінологією, демонструє глибокі знання джерел, має власну точку зору стосовно відповідної теми і може аргументовано її доводити
75-89	«добре» - загалом рівень знань здобувачів відповідає викладеному вище, але мають місце деякі упущення при виконанні завдань, обґрунтування неточні, не підтверджуються достатньо обґрунтованими доказами
60-74	«задовільно» - здобувач розкрив питання, в загальних рисах, розуміє їх суть, намагається робити висновки, але при цьому припускається грубих помилок, матеріал викладає нелогічно і не самостійно
35-59	«незадовільно» - з можливістю повторного складання, здобувач не в змозі дати відповідь на поставлене запитання або відповідь неправильна, не розуміє суті питання, не може зробити висновки
0-34	«незадовільно» - з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

10. Орієнтовний перелік питань до підсумкового контролю (іспиту)

1. Історія розвитку теорії різницевого рівняння.
2. Основні поняття теорії різницевого рівняння. Поняття скінченної різниці та різницевого рівняння.
3. Задача про підсумовування елементів послідовності.
4. Метод скінченних різниць.
5. Метод підсумовування по частинам.
6. Використання похідних для підсумовування послідовностей.
7. Лінійні однорідні різницеві рівняння першого порядку.
8. Лінійні неоднорідні різницеві рівняння першого порядку.
9. Лінійні різницеві рівняння другого порядку.
10. Лінійні різницеві рівняння n -го порядку.
11. Невироджені системи лінійних різницевого рівняння.
12. Лінійна крайова задача для системи різницевого рівняння.
13. Невироджені лінійні різницево-алгебраїчні рівняння.
14. Невироджені системи лінійних різницево-алгебраїчних рівнянь.
15. . Лінійна крайова задача для різницево-алгебраїчного рівняння.

11. Рекомендована література

Основна література дисципліни

1. Бойчук О.А., Чуйко С.М. Конструктивні методи аналізу крайових задач теорії нелінійних коливань. - Київ. - Наукова думка. - 2023. – 232 с.
2. Чуйко С.М. Лекції з теорії імпульсних крайових задач. Друге видання. Науково-методичний посібник, рекомендований МОН України для студентів вищих навчальних закладів. Лист МОН України № 1/ 2-956 від 16.02.2010 р. Слов'янськ. — 2010. — 210 с.
3. Чуйко С.М. Практикум з теорії лінійних крайових задач. – Слов'янськ: Вид. Б.І. Маторіна. – 2020. – 236 с.
4. Чуйко С.М. Практичні заняття з теорії нелінійних коливань. - Слов'янськ, Магдебург. - 2024. - 208 с.
5. Чуйко С.М., Несмелова О.В. Лекції з теорії нелінійних диференціально-алгебраїчних крайових задач. – Слов'янськ. – Вид. Б.І. Маторіна. – 2022. – 287 с.
6. Boichuk A.A. Boundary-value problems for systems of difference equations // Ukrainian Mathematical Journal. - 1997. - **49**. - № 6. - P. 930 - 934.
7. Boicuk A., Cuiko S., Ruzickova M. Linearne okrajove ulohy. – Zilina: EDIS-vydavatel'stvo ZU, 2013. – 177 p.
8. Boichuk A.A., Samoilenko A.M. Generalized inverse operators and Fredholm boundary-value problems, – Utrecht; Boston: VSP, 2004. – XIV. – 317 p.
9. Chuiko S.M., Chuiko E.V., Kalinichenko Y.V. Boundary-value problems for systems of linear difference-algebraic equations // Journal of Mathematical Sciences. - 2021. - **254**. - № 2. - P. 318 - 333.
10. Chuiko S.M., Chuiko O.V., Kalinichenko Ya.V. Nonlinear difference-algebraic boundary-value problem in the case of parametric resonance // Journ. Math. Sci. - 2022.- **265**. - № 4. - P. 703 - 717.
11. Chuiko S.M., Nesmelova O.V., Shevtsova K.S. Differential-algebraic boundary-value problems with impulsive action // Journal of Mathematical Sciences. — 2023. — . — № 2. — P. 316 — 331.
12. Kantorovich L.W., Akilov G.P. Funktionalanalysis in normierten Raumen. - 1964. - Akademie Verlag. - Berlin. - 622 p.