

Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра «Вищої математики та системного аналізу» (№ 405)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми


(підпис)

О.Г. Ніколаєв
(ініціали та прізвище)

« 25 » червня 2021 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА ОБОВ'ЯЗКОВОЇ
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Диференціальні рівняння

(назва навчальної дисципліни)

Галузі знань: 12 «Інформаційні технології»
(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальності: 124 «Системний аналіз»
(код та найменування спеціальності)

Освітня програма: Системний аналіз і управління
(найменування освітньої програми)

Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Харків 2021 рік

Робоча програма «Диференціальні рівняння»

(назва дисципліни)

для студентів спеціальності 124 «Системний аналіз», освітньої програми:
«Системний аналіз і управління».

«20» серпня 2021 р., 13 с.

Розробник: Ніколаєв О.Г. завідувач кафедри вищої математики та системного аналізу, д.ф.-м.н., професор

(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь та вчене звання)



Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри вищої математики та системного аналізу

(назва кафедри)

Протокол № 11 від « 25 » червня 2021 р.

Завідувач кафедри д.ф.-м.н., професор

(науковий ступінь та вчене звання)



О.Г. Ніколаєв

(ініціали та прізвище)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни (денна форма навчання)
Кількість кредитів – 4,5	Галузь знань <u>12 «Інформаційні технології»</u> (шифр та найменування) Спеціальність <u>124 «Системний аналіз»</u> (код та найменування) Освітня програма <u>Системний аналіз і управління.</u> (найменування) Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)	Обов’язкова
Кількість модулів – 2		Навчальний рік
Кількість змістовних модулів – 5		2021/2022
Індивідуальне завдання: «Лінійні диференціальні рівняння вищих порядків. Системи ОДР».		Семестр
Загальна кількість годин – 64/135		3 -й
		Лекції ¹⁾
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4 самостійної роботи студента – 4,5		32 години
		Практичні
		32 години
		Лабораторні ¹⁾
		Самостійна робота
	71 годин	
	Вид контролю	
	модульний контроль, іспит	

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить: 64/ 71.

Мета: засвоєння основних положень теорії звичайних диференціальних рівнянь (ЗДР) та їх застосування до математичного моделювання об'єктів і процесів.

Завдання: відпрацювання методів розв'язання основних класів диференціальних рівнянь першого та старших порядків, а також їх систем, які інтегруються в квадратурах, постановок задач Коші й крайових задач і методів їх дослідження, підходів до побудови математичних моделей на основі ЗДР.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти повинні закласти основи таких **компетентностей**:

- здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу (ЗК 1);
- здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК 2);
- знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності (ЗК 4);
- здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел (ЗК 7);
- здатність формалізувати проблеми, описані природною мовою, у тому числі за допомогою математичних методів, застосовувати загальні підходи до математичного моделювання конкретних процесів (ФК 2);
- здатність будувати математично-коректні моделі статичних та динамічних процесів і систем із зосередженими та розподіленими параметрами із врахуванням невизначеності зовнішніх та внутрішніх факторів (ФК 3);
- здатність розробляти експериментальні та спостережувальні дослідження і аналізувати дані, отримані в них (ФК 11).

Програмні результати навчання:

- знати і вміти застосовувати на практиці диференціальне та інтегральне числення, ряди та інтеграл Фур'є, векторну та лінійну алгебру, аналітичну геометрію та векторний аналіз, функціональний аналіз та дискретну математику в обсязі, необхідному для вирішення типових завдань системного аналізу (ПРН 1).
- знати та вміти застосовувати базові методи якісного аналізу та інтегрування звичайних диференціальних рівнянь і систем, диференціальних рівнянь у частинних похідних, в тому числі рівнянь математичної фізики (ПРН 4).

Для одержання програмних результатів навчання студент повинен знати:

- основні поняття теорії звичайних диференціальних рівнянь;
- постановку задачі Коші для звичайного диференціального рівняння довільного порядку, умови коректності такої задачі;
- основні класи диференціальних рівнянь першого та старших порядків, які інтегруються в квадратурах;
- теорію лінійних диференціальних рівнянь старших порядків і лінійних диференціальних систем;
- аналітичну теорію лінійних диференціальних рівнянь класу Фукса та її застосування;
- теорію крайових задач для лінійних диференціальних рівнянь другого порядку;

вміти:

- визначати тип диференціального рівняння і методи його розв'язання;
- розв'язувати диференціальні рівняння першого порядку, які припускають інтегрування в квадратурах;
- визначати особливі розв'язки диференціальних рівнянь;
- знижати порядок диференціальних рівнянь відповідних класів;
- розв'язувати лінійні диференціальні рівняння старших порядків і системи лінійних диференціальних рівнянь зі сталими коефіцієнтами.

Міждисциплінарні зв'язки: базою для засвоєння курсу є «Математичний аналіз», «Алгебра та геометрія», «Фізика». Поняття, методи, алгоритми, формули курсу використовуються в таких дисциплінах: «Рівняння математичної фізики», «Моделювання складних систем», «Теорія керування», «Системний аналіз».

3. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1

Змістовий модуль 1. Диференціальні рівняння першого порядку

Тема 1. Основні поняття теорії диференціальних рівнянь

Задачі, які приводять до диференціальних рівнянь (ДР). Основні означення теорії диференціальних рівнянь. Диференціальні рівняння першого порядку, розв'язні відносно похідної. Поле напрямів. Геометричний зміст розв'язків диференціального рівняння. Метод ізоклін. Задача Коші для ДР першого порядку.

Тема 2. Класи диференціальних рівнянь першого порядку

ДР з відокремлюваними змінними та звідні до них. Однорідні ДР та звідні до них. Лінійні ДР першого порядку та звідні до них. Рівняння Ріккаті. Рівняння в повних диференціалах. Інтегрувальні множники. Теорема Пікара існування та єдиності розв'язку задачі Коші. Особливі розв'язки ДР. Обвідна сім'ї кривих. Дискримінантна крива. ДР, які не розв'язні відносно похідної. Метод параметричного диференціювання. Рівняння Клеро та Лагранжа.

Змістовий модуль 2. Диференціальні рівняння старших порядків

Тема 3. Диференціальні рівняння старших порядків

Задача Коші для ДР старших порядків. Теорема існування та єдиності розв'язку задачі Коші. Типи рівнянь старших порядків, що допускають зниження порядку.

Тема 4. Загальна теорія лінійних диференціальних рівнянь

Загальні означення. Існування та єдиність розв'язку задачі Коші. Лінійна залежність та незалежність системи функцій на проміжку. Вронскіан. Формула Остроградського-Ліувілля. Теорема про лінійну залежність та незалежність розв'язків лінійних однорідних ДР. Існування фундаментальної системи розв'язків у лінійного однорідного ДР. Структури загальних розв'язків лінійних однорідного та неоднорідного рівнянь. Формула Коші для частинного розв'язку лінійного неоднорідного рівняння. Функція Коші (впливу). Означення дельта-функції та її властивості. Принцип суперпозиції. Фізичний зміст функції Коші.

Тема 5. Лінійні диференціальні рівняння зі сталими коефіцієнтами

Метод Ейлера. Характеристичне рівняння. Побудова ФСР для різних випадків коренів характеристичного рівняння. ДР зі спеціальною правою частиною. Резонанс та його відсутність. Механічний зміст. Метод варіації довільних сталих.

Модульний контроль

Модуль 2

Змістовий модуль 3. Системи лінійних диференціальних рівнянь

Тема 6. Системи диференціальних рівнянь

Загальні означення. Теорема існування та єдиності розв'язку задачі Коші для лінійних систем ДР першого порядку. Лінійна залежність та незалежність

вектор-функцій. Вронскіан. Загальна теорія лінійних систем ДР першого порядку. Фундаментальна система розв'язків лінійної однорідної системи, фундаментальна матриця. Формула Остроградського – Ліувілля для лінійних систем. Структури загальних розв'язків однорідної та неоднорідної систем. Матриця Коші, знаходження частинного розв'язку неоднорідної системи. Системи лінійних ДР зі сталими коефіцієнтами. Побудова ФСР методом Ейлера для різних випадків коренів характеристичного рівняння. Метод варіації довільних сталих для розв'язання неоднорідних систем ДУ. Побудова матрицанту за допомогою матричної експоненти.

Змістовий модуль 4. Елементи аналітичної теорії диференціальних рівнянь

Тема 7. Лінійні диференціальні рівняння другого порядку з аналітичними коефіцієнтами

Правильна особлива точка ДР. ДР класу Фукса. Побудова розв'язків рівняння класу Фукса методом степеневих рядів. Визначальне рівняння і характеристичні показники. Застосування до рівняння Бесселя. Функції Бесселя і Неймана.

Змістовий модуль 5. Крайові задачі

Тема 8. Крайові задачі для лінійних диференціальних рівнянь другого порядку

Постановка крайових задач для лінійного ДР. Крайова задача Штурма – Ліувілля. Властивості власних функцій та власних значень задачі Штурма – Ліувілля. Функція Гріна. Розвинення в ряд за власними функціями задачі Штурма – Ліувілля.

Модульний контроль

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістовних модулів і тем	Кількість годин				
	Усього	У тому числі			
		л	п	лаб.	с. р.
1	2	3	4	5	6
Модуль 1					
Змістовний модуль 1. Диференціальні рівняння першого порядку					
Тема 1. Основні поняття теорії диференціальних рівнянь	8	2	2		4
Тема 2. Класи диференціальних рівнянь першого порядку	36	6	10		20
Разом за змістовним модулем 1	44	8	12		24
Змістовний модуль 2. Диференціальні рівняння старших порядків					
Тема 3. Диференціальні рівняння старших порядків	14	2	4		8
Тема 4. Загальна теорія лінійних диференціальних рівнянь	10	3	1		6
Тема 5. Лінійні диференціальні рівняння зі сталими коефіцієнтами	16	3	5		8
Модульний контроль	2		2		
Разом за змістовним модулем 2	42	8	12		22
Модуль 2					
Змістовний модуль 3. Системи лінійних диференціальних рівнянь					
Тема 6. Системи лінійних диференціальних рівнянь	26	6	4		16
Разом за змістовним модулем 3	26	6	4		16
Змістовний модуль 4. Елементи аналітичної теорії диференціальних рівнянь					
Тема 7. Лінійні диференціальні рівняння другого порядку з аналітичними коефіцієнтами	14	4	-		10
Разом за змістовним модулем 4	14	4	-		10
Змістовний модуль 5. Крайові задачі					
Тема 8. Крайові задачі для лінійних диференціальних рівнянь другого порядку	22	6	2	-	14
Модульний контроль	2		2		
Разом за змістовним модулем 5	24	6	4		14
Усього годин	150	32	32		86

5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1		

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кільк. год.
1	2	3
1	Задачі на складання диференціальних рівнянь	2
2	Рівняння з відокремлюваними змінними та звідні до них. Однорідні диференціальні рівняння.	2
3	Узагальнені однорідні рівняння. Лінійні диференціальні рівняння першого порядку.	2
4	Рівняння Бернуллі. Рівняння Ріккаті.	2
5	Рівняння в повних диференціалах. Інтегруючий множник.	2
6	Особливий розв'язок ДР. Рівняння Клеро та Лагранжа.	2
7	Зниження порядку диференціальних рівнянь.	2
8	Зниження порядку диференціальних рівнянь.	2
9	Модульний контроль.	2
10	Лінійна залежність і незалежність функцій. Лінійні однорідні диференціальні рівняння зі сталими коефіцієнтами.	2
11	Лінійні неоднорідні диференціальні рівняння зі сталими коефіцієнтами зі спеціальною правою частиною.	2
12	Метод варіації довільних сталих для лінійних диференціальних рівнянь вищого порядку.	2
13	Однорідні системи лінійних диференціальних рівнянь зі сталими коефіцієнтами.	2
14	Неоднорідні системи лінійних диференціальних рівнянь зі сталими коефіцієнтами. Метод варіації довільних сталих.	2
15	Розв'язання задач Штурма – Ліувілля для різних типів граничних умов	2
16	Модульний контроль.	2
	Разом	32

7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1		

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Основні поняття теорії диференціальних рівнянь. (Тема 1)	4
2	Класи диференціальних рівнянь першого порядку. (Тема 2)	20
3	Диференціальні рівняння старших порядків. (Тема 3)	8
4	Загальна теорія лінійних диференціальних рівнянь. (Тема 4)	6
5	Лінійні диференціальні рівняння зі сталими коефіцієнтами. (Тема 5)	8
6	Системи лінійних диференціальних рівнянь. (Тема 6)	16
7	Лінійні диференціальні рівняння другого порядку з аналітичними коефіцієнтами. (Тема 7)	10
8	Крайові задачі для лінійних диференціальних рівнянь другого порядку. (Тема 8)	14
9	Разом	86

9. Індивідуальні завдання

№ з/п	Назва теми
1	Виконання розрахункової роботи на тему «Лінійні диференціальні рівняння вищих порядків. Системи ОДР».

10. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій, практичних занять, індивідуальних консультацій, самостійна робота студентів за матеріалами, опублікованими кафедрою.

11. Методи контролю

Проведення поточного контролю, письмового модульного контролю, фінальний контроль у вигляді іспиту.

12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують студенти

12.1. Розподіл балів, які отримують студенти (кількісні критерії оцінювання)

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Змістовний модуль 1			
Робота на лекціях	0...0,5	4	0...2
Робота на практичних заняттях	0...2,5	6	0...15
Самостійна робота	0...1	5	0...5
Змістовний модуль 2			
Робота на лекціях	0...0,5	4	0...2
Робота на практичних заняттях	0...2,5	5	0...12,5
Самостійна робота	0...1	5	0...5
Модульний контроль	0...24	1	0...24
Змістовний модуль 3			
Робота на лекціях	0...0,5	3	0...1,5
Робота на практичних заняттях	0...2,5	2	0...5
Самостійна робота	0...1	2	0...2
Змістовний модуль 4			
Робота на лекціях	0...0,5	2	0...1
Робота на практичних заняттях	0...2,5	-	-
Самостійна робота	0...1	-	-
Змістовний модуль 5			
Робота на лекціях	0...0,5	3	0...1,5
Робота на практичних заняттях	0...2,5	1	2,5
Самостійна робота	0...1	1	1
Модульний контроль	0...24	1	0...24

Виконання та захист розрахункової роботи	0...20	1	0...20
Всього за семестр(*)			0...122

(*) Якщо кількість модульних балів у студента перевищує 100, то як підсумкову оцінку виставляється 100 балів.

Семестровий контроль (іспит) проводиться у разі відмови студента від балів поточного тестування та за наявності допуску до іспиту. При складанні семестрового іспиту студент має можливість отримати максимум 100 балів.

Білет для іспиту/заліку складається з п'яти питань (двох теоретичних і трьох практичних). За кожне питання студент може одержати максимальну суму балів - 20.

12.2. Якісні критерії оцінювання

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки:

Задовільно (60-74). Оцінка ставиться, якщо студент знає основні поняття теорії звичайних диференціальних рівнянь, може визначити клас диференціальних рівнянь першого порядку, зінтегрувати такі типи диференціальних рівнянь: з відокремлюваними змінними, однорідне, лінійне першого порядку, лінійне рівняння старших порядків зі сталими коефіцієнтами. Індивідуальне завдання захищено на не менше ніж 12 балів. Відповіді студента розкривають суть питань без достатньої повноти і обґрунтування, або у відповідях є неправильне тлумачення окремих понять та неточність у формулюванні відповідних термінів.

Добре (75-89). Оцінка ставиться, якщо студент вільно володіє логіко-понятійним апаратом курсу, може обґрунтувати основні його положення (теореми Коші – Пікара, про існування ФСР лінійних ДР і системи лінійних ДР, формули Коші, Остроградського – Ліувілля), правильно розв'язує практичні завдання білету. Індивідуальне завдання захищено на не менше ніж 15 балів. У відповідях студента можуть допускатися окремі помилки не принципового характеру, які не впливають на розкриття суті теоретичних питань.

Відмінно (90-100). Оцінка ставиться, якщо студент, має стійкі системні знання з дисципліни, уміє їх обґрунтовувати, узагальнювати та продуктивно їх використовує на творчому рівні. Задачі білету розв'язані та мають пояснення до кожного етапу розв'язання. Індивідуальне завдання захищено на не менше ніж 18 балів.

12.3 Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру

Протягом семестру студент отримує бали за накопичувальною системою згідно з таблицею наведеною в п. 12.1. Дано деякі пояснення до таблиці.

Робота на лекції – активна форма засвоєння матеріалу курсу: 0,5 бала ставиться за продумані питання, які студент задає лектору, участь в обговоренні предмета лекції, відповіді на питання, які по ходу лекції задає викладач. Активність студента може заохочуватися додатковими коефіцієнтами, які множаться на 0,5 бала.

Робота на практичному занятті оцінюється так: 1,5 бала за захист виконаного домашнього завдання, 2 бали за самостійно розв'язану задачу або 1 бал за розв'язану задачу за допомогою викладача, 2 бали за обґрунтовану відповідь на теоретичне питання з доведенням основних положень біля дошки.

Самостійна робота – 1 бал ставиться студенту за виконання домашнього завдання разом з його захистом у поза аудиторний час.

Індивідуальне завдання включає виконання та захист розрахункової роботи, яка складається з 5 задач за темами, означеними в назві роботи. За кожну задачу можна одержати максимально 4 бали.

Модульний контроль проводиться два рази на семестр на 8 і 16 тижнях на практичних заняттях. Білет для модульного контролю включає 4 питання (два теоретичних і два практичних). За відповідь на одне питання студент може отримати максимально 6 балів. Критерії оцінювання у відсотковому відношенні відповідають якісним критеріям з п. 12.2.

Шкала оцінювання: бальна і традиційна

Сума балів	Оцінка за традиційною шкалою	
	Іспит, диференційований залік	Залік
90 – 100	Відмінно	Зараховано
75 – 89	Добре	
60 – 74	Задовільно	
0 – 59	Незадовільно	Не зараховано

13. Методичне забезпечення

Підручники, навчальні посібники, які видані в університеті :

1. Ніколаєв О.Г. Диференціальні рівняння: підручник. В 2-х кн.. Кн. 1 – Х.: ХАІ, 2019.
2. Брисіна І.В. та ін. Практичний курс вищої математики в 4-х кн. Кн. 2. Навч. посібник для ВНЗ України. – Харків: Нац. аерокос. ун-т „Харк. авіац. ін-т”, 2004.
3. Робочий зошит. Інтегральне числення. Диференціальні рівняння. Харків, ХАІ, 1997.

Електронний ресурс, на якому розміщено навчально-методичний комплекс дисципліни: [//library.khai.edu](http://library.khai.edu). Комплекс включає в себе такі обов'язкові складові:

- робоча програма дисципліни;
- конспект лекцій, підручники (навчальні посібники), в тому числі в електронному вигляді, які за змістом повністю відповідають робочій програмі дисципліни;
- методичні вказівки та рекомендації для виконання розрахункових та практичних робіт, а також рекомендації для самостійної підготовки;
- тематики індивідуальних завдань;

- приклади розв'язування типових задач чи виконання типових завдань;
- питання для контрольних заходів;

Базова

1. Ніколаєв О.Г. Диференціальні рівняння: підручник. В 2-х кн.. Кн. 1 – Х.: ХАІ, 2019.
2. Брисіна І.В. та ін. Практичний курс вищої математики в 4-х кн. Кн. 2. Навч. посібник для ВНЗ України. – Х.: ХАІ, 2004.
3. Робочий зошит. Інтегральне числення. Диференціальні рівняння. – Х.: ХАІ, 1997.
4. Богданський Ю.В. Диференціальні рівняння: навч. посібник. – К.: Політехніка, 2011.
5. Гаращенко Ф.Г., Матвієнко В.Т., Харченко І.І. Диференціальні рівняння для інформатиків. – К.: ВПЦ КНУ, 2008.
6. Лавренюк С.П. Курс диференціальних рівнянь. – Львів: ВНТЛ, 1997.
7. Самойленко А.М., Кривошея С.А., Перестюк Н.А. Диференціальні рівняння. – К.: Либідь, 2003.

Допоміжна

1. Арнольд В.И. Обыкновенные дифференциальные уравнения. – М.: МЦНМО, 2012.
2. Филиппов А.Ф. Сборник задач по дифференциальным уравнениям. – Ижевск: НИЦ РХД, 2000.
3. Тихонов А.Н., Васильева А.Б., Свешников А.Г. Дифференциальные уравнения. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005.
4. Robinson J.C. An Introduction to Ordinary Differential Equations. – Cambridge: University Press, 2004.

15. Інформаційні ресурси

Сайт бібліотеки Національного аерокосмічного університету ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут» <https://library.khai.edu>.