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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Керівник проектної групи
_____ ___О.Г. Ніколаєв
(підпис) (ініціали та прізвище)

«_01_» _____09_____ 2020 р.

СИЛАБУС ОБОВ'ЯЗКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Рівняння математичної фізики

(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: 12 «Інформаційні технології»
(шифр та найменування галузі знань)

Спеціальність: 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 2020

Силабус «Рівняння математичної фізики» для студентів за спеціальністю 124 «Системний аналіз» і освітньою програмою «Системний аналіз і управління»

« 05 » червня 2020 р. – 10 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) (підпис)

Силабус розглянуто на засіданні кафедри вищої математики та системного аналізу
(назва кафедри)
Протокол № 11 від « 26 » червня 2020 р.

Завідувач кафедри: д.фіз.-мат.н, професор _____ О.Г.Ніколаєв
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (ініціали та прізвище)

1. Опис навчальної дисципліни

Галузь знань: 12 «Інформаційні технології»
Спеціальність: 124 «Системний аналіз»
Освітня програма: «Системний аналіз і управління»
Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)
Форма навчання: денна
Семестр, в якому викладається дисципліна: 6-й
Дисципліна: обов'язкова
Загальна кількість годин/ кредитів за навчальним планом: 135 годин/ 4,5 кредити ЄКТС
Види занять: лекції, практичні заняття
Вид контролю: іспит

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: дати поняття про моделі задач фізики, методи розв'язання та аналіз рівнянь математичної фізики, навчити правильно користуватися математичним апаратом та застосовувати його при розв'язанні задач.

Завдання: дослідження математичних величин, теорій, методів, які в явищах, процесах, тілах дають можливість вивчати найбільш загальні властивості, абстрагуючись від тих властивостей, які не мають суттєвого значення. У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен знати: типи лінійних диференціальних рівняння другого порядку у частинних похідних**;** методи розв'язання граничних та мішаних задач для різних типів рівнянь математичної фізики; методи теорії потенціалу та гармонічних функцій**.**

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

інтегральна:

здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми системного аналізу у професійній діяльності або в процесі навчання, що передбачають застосування теоретичних положень та методів системного аналізу та інформаційних технологій і характеризується комплексністю та невизначеністю умов;

загальні:

- 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 спілкуватися державною мовою усно і письмово (ЗК 5);
- здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел (ЗК 7);
- **фахові:**
- 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).

Очікувані 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).

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

3. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1

Змістовий модуль 1. Загальні поняття теорії лінійних диференціальних рівнянь у частинних похідних

Тема 1. Вступ до диференціальних рівнянь у частинних похідних

Загальні поняття теорії диференціальних рівнянь у частинних похідних (ДРЧП). Деякі математичні моделі, що ґрунтуються на ДРЧП: коливання струни і мембрани, поширення тепла в тілі, динаміка ідеальної рідини, стаціонарний розподіл температури.

Кількість годин на тему – 11, з них лекції – 2, практичні заняття – 4, самостійна робота – 5.

Тема 2. Класифікація лінійних диференціальних рівнянь у частинних похідних другого порядку

Перетворення координат у лінійних диференціальних рівняннях у частинних похідних (ЛДРЧП) другого порядку. Типи ЛДРЧП другого порядку. Приклади. Канонічний вигляд ЛДРЧП другого порядку. Характеристики ЛДРЧП. Інваріантність рівняння характеристик відносно невиродженої заміни змінних. Зведення ЛДРЧП другого порядку з двома незалежними змінними до канонічного вигляду. Метод характеристик.

Кількість годин на тему – 14, з них лекції – 4, практичні заняття – 4, самостійна робота – 6.

Змістовий модуль 2. Рівняння гіперболічного типу

Тема 3. Задача Коші для нескінченної струни

Постановка задачі Коші для нескінченної струни. Формула Даламбера, її фізичний зміст. Неоднорідне рівняння струни. Принцип Дюамеля. Коректність постановки задачі Коші. Енергетична нерівність. Теорема існування та єдиності.

Кількість годин на тему – 12, з них лекції – 4, практичні заняття – 2, самостійна робота – 6.

Тема 4. Крайові задачі для скінченної струни і мембрани

Постановка основних крайових задач для скінченної струни. Теорема єдиності розв'язку першої, другої та третьої крайових задач. Метод розділення змінних. Побудова розв'язків крайових задач для однорідного рівняння струни і однорідних крайових умов. Теореми про існування розв'язків у певних класах функцій. Фізичний зміст розв'язків. Стоячі хвилі. Неоднорідне рівняння. Функція впливу і її фізичний зміст. Постановка крайових задач для скінченної мембрани. Коливання прямокутної мембрани. Коливання кругової мембрани. Функції Бесселя та їх властивості.

Кількість годин на тему – 28, з них лекції – 6, практичні заняття – 8, самостійна робота – 14.

Тема 5. Задача Коші для хвильового рівняння у просторі

Побудова центральносиметричного розв'язку хвильового рівняння в сферичних координатах. Метод усереднення. Формула Кірхгофа та її фізичний зміст. Принцип Дюамеля.

Кількість годин на тему – 6, з них лекції – 2, практичні заняття – 2, самостійна робота – 2.

Модульний контроль - 2

Модуль 2

Змістовий модуль 3. Рівняння параболічного типу

Тема 6. Задача Коші для одновимірного рівняння теплопровідності

Постановка задачі Коші для однорідного рівняння. Метод інтегрального перетворення Фур'є. Формула Пуассона. Ядро Пуассона, його властивості. Неоднорідне рівняння теплопровідності. Принцип Дюамеля.

Кількість годин на тему – 8, з них лекції – 2, практичні заняття – 2, самостійна робота – 4.

Тема 7. Крайові задачі для рівняння теплопровідності

Принцип максимуму для рівняння теплопровідності. Постановка крайових задач. Метод розділення змінних для тонкого скінченного стрижня. Теореми існування та єдиності розв'язку першої, другої, третьої крайових задач. Задача про вільний теплообмін на межі стрижня. Задача теплопровідності для кулі. Сферичні функції.

Кількість годин на тему – 20, з них лекції – 4, практичні заняття – 6, самостійна робота – 10.

Змістовний модуль 4. Рівняння еліптичного типу

Тема 8. Гармонічні функції та їх властивості

Рівняння Лапласа. Гармонічні функції та їх властивості. Теорема про середнє значення. Принцип максимуму гармонічної функції. Постановка крайових задач для рівняння Лапласа. Теореми єдиності розв'язків крайових задач. Фундаментальний розв'язок рівняння Лапласа. Функція Гріна першої та другої крайових задач, їх властивості. Побудова функції Гріна першої крайової задачі для кулі методом електростатичних зображень. Формула Пуассона.

Кількість годин на тему – 16, з них лекції – 6, практичні заняття – 2, самостійна робота – 8.

Тема 9. Крайові задачі для рівняння Лапласа в канонічних областях

Метод розділення змінних в рівнянні Лапласа в полярних і сферичних координатах. Крайові задачі для кола і кулі.

Кількість годин на тему – 16, з них лекції – 2, практичні заняття – 6, самостійна робота – 8.

Модульний контроль - 2

4. Індивідуальні завдання

№ з/п	Назва теми
1	Виконання розрахункової роботи на тему «Зведення ЛДРЧП другого порядку до канонічного вигляду. Розв'язання крайових задач для рівняння струни».

5. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій, практичних занять, індивідуальні консультації, самостійна робота студентів за матеріалами, опублікованими.

6. Методи контролю

Проведення поточного контролю, усної здачі індивідуальних робіт, письмового модульного контролю, фінального контролю у вигляді семестрового контролю у вигляді іспиту (проводиться у разі відмови студента від балів поточного тестування та за наявності допуску).

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	3	0…1,5
Робота на практичних заняттях	0…2,5	4	0…10
Самостійна робота	0…1	3	0…3

Змістовний модуль 2			
Робота на лекціях	0…0,5	6	0…3
Робота на практичних заняттях	0…2,5	6	0…15
Самостійна робота	0…1	6	0…6
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	4	0…10
Самостійна робота	0…1	4	0…4
Змістовний модуль 4			
Робота на лекціях	0…0,5	4	0…2
Робота на практичних заняттях	0…2,5	4	0…10
Самостійна робота	0…1	4	4
Модульний контроль	0…24	1	0…24
Виконання та захист розрахункової роботи	0…10	1	0…10
Всього за семестр(*)			**0…128**

(*) 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 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 теоретичні поняття, наведені в курсі, може визначити тип ЛДРЧП другого порядку, приводити його до канонічного вигляду, розв’язувати крайові задачі для деяких типів диференціальних рівнянь. 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 існування та єдиності розв’язків крайових задач, формули Даламбера, Кірхгофа, Пуассона), знає основні принципи теорії рівнянь математичної фізики правильно, володіє методами розв’язання задач для ЛДРЧП, розв’язує практичні завдання білету. Індивідуальне завдання захищено на не менше ніж 15 балів. У відповідях студента можуть допускатися окремі помилки непринципового 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. Дамо 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 3 задач за темами, означеними в назві роботи. За кожну задачу можна одержати максимально 6-7 балів.

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. 2 – Х.: ХАІ, 2020.

2. Барахов К.П., Курєннов С.С., Соловьов О.І. Рівняння математичної фізики: навч. посібник. - Х.: ХАІ, 2020.
3. Ніколаєв О.Г. Диференціальні рівняння: підручник. В 2-х кн.. Кн. 1 – Х.: ХАІ, 2019.
4. Брисіна І.В. та ін. Практичний курс вищої математики в 4-х кн. Кн. 4. Навч. посібник для ВНЗ України. – Харків: Нац. аерокос. ун-т „Харк. авіац. ін-т”, 2004.
5. Робочий зошит. Варіайційне числення. Диференціальні рівняння у частинних похідних. Теорія ймовірності. – Х.: ХАІ, 2003.

Електронний ресурс, на якому розміщено навчально-методичний комплекс дисципліни: //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. 2 – Х.: ХАІ, 2020.
2. Барахов К.П., Курєннов С.С., Соловьов О.І. Рівняння математичної фізики: навч. посібник. - Х.: ХАІ, 2020.
3. Брисіна І.В. та ін. Практичний курс вищої математики в 4-х кн. Кн. 4. Навч. посібник для ВНЗ України. – Х.: ХАІ, 2004.
4. Робочий зошит. Варіайційне числення. Диференціальні рівняння у частинних похідних. Теорія ймовірності. – Х.: ХАІ, 2003.
5. Перестюк М.О., Маринець В.В. Теорія рівнянь математичної фізики. – К.: Либідь, 2001. – 334 с.
6. Курпа Л.В., Лінник Г.Б. Рівняння математичної фізики. – Харків.: «Підручник НТУ «ХПІ», 2011.
7. Маркович Б.М. Рівняння математичної фізики. Навчальний посібник. – Львів: Львівська політехніка, 2010.

Допоміжна

1. Гончаренко В. М. Основы теории уравнений в частных производных. – Киев: Вища шк., 1985.

2. Ніколаєв О. Г. Диференціальні рівняння: підручник. В 2 кн. Кн. 1. – Харків: ХАІ, 2019. – 232 с.
3. Олейник О. А. Лекции об уравнениях с частными производными. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2005.
4. Тиморин В. А. Геометрия гамильтоновых систем и уравнений с частными производными. – М. :ВШЄ, 2017.
5. Тихонов А. Н. Уравнения математической физики. – М.: МГУ, 1999.
6. Шубин М. А. Лекции об уравнениях математической физики. – М.: МЦНМО, 2003.

15. Інформаційні ресурси

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