



Рівняння в частинних похідних для інженерів

СИЛАБУС

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	13 Механічна інженерія
Спеціальність	131 Прикладна механіка
Освітня програма	Динаміка і міцність машин
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	очна(денна)/дистанційна/змішана
Рік підготовки, семестр	3 курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	4 кредити ЕКТС (120 годин), з них лекції 36 годин, практичні заняття 36 годин, самостійна робота 48 годин
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Модульна контрольна робота Залік
Розклад занять	Згідно з розкладом
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: доцент, кандидат фіз.-мат.наук, Журавська Ганна Вікторівна Практичні: доцент, кандидат фіз.-мат.наук, Журавська Ганна Вікторівна annzhuravsky@ukr.net
Розміщення курсу	Визначається лектором та доводиться до відома студентів на першому занятті

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

1.1. Опис навчальної дисципліни

Навчальна дисципліна відноситься до вибірових компонентів професійної підготовки факультетського каталогу.

1.2. Мета навчальної дисципліни

Метою навчальної дисципліни є підготовка фахівця, який має базові компетенції з побудови математичних моделей, які описуються диференціальними рівняннями з частинними похідними; знання основних математичних методів розв'язування та дослідження початково-крайових задач для диференціальних рівнянь з частинними похідними; аналіз результатів.

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів **компетентностей**:

- до абстрактного мислення, аналізу та синтезу;
- виявляти, ставити та вирішувати проблеми;
- застосовувати знання у практичних ситуаціях;
- до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел;

1.3. Предмет вивчення дисципліни

Предмет навчальної дисципліни – диференціальні рівняння в частинних похідних (ДРЧП) першого та другого порядку, початково-крайові задачі для диференціальних рівнянь в частинних похідних другого порядку, методи розв'язування диференціальних рівнянь в частинних похідних першого та другого порядку, аналіз отриманих результатів.

1.4. Результати навчання

ЗНАННЯ:

- класифікації ДРЧП;
- постановки основних крайових та початково-крайових задач для ДРЧП другого порядку;

- фізичного змісту основних крайових та початково-крайових задач та розв’язків цих задач;
- основних методів розв’язування ДРЧП першого та другого порядку;

УМІННЯ:

- розв’язувати ДРЧП першого порядку;
- складати математичну модель фізичної задачі у формі відповідної задачі для ДРЧП;
- зводити до канонічного вигляду ДРЧП другого порядку;
- розв’язувати лінійні ДРЧП другого порядку;
- розв’язувати задачі Коші для ДРЧП другого порядку;
- розв’язувати основні початково-крайові задачі для ДРЧП другого порядку;
- розв’язувати інтегральні рівняння;
- робити фізичний отриманих аналіз результатів.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни

Перелік дисциплін або знань та умінь, володіння якими необхідні здобувачу вищої освіти для успішного засвоєння дисципліни	Перелік дисциплін, які базуються на результатах навчання з даної дисципліни
Для успішного засвоєння дисципліни необхідні знання набуті в процесі вивчення таких курсів: «Лінійна алгебра і аналітична геометрія», «Вища математика» та «Фізика».	• Спеціальні дисципліни, які передбачають побудову математичних моделей «Теорія пружності» «Теорія коливань та стійкості руху» «Теорія пластичності та повзучості» • Дипломне проектування • Курсові проекти з дисципліни, які передбачають побудову математичних моделей • Науково-дослідна практика

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Диференціальні рівняння в частинних похідних першого порядку

Тема 1.1. Лінійні ДРЧП першого порядку

Тема 2.1. Нелінійні ДРЧП першого порядку

Розділ 2. Лінійні диференціальні рівняння в частинних похідних другого порядку

Тема 2.1. Класифікація лінійних ДРЧП другого порядку

Тема 2.2. Методи розв’язування лінійних ДРЧП

Тема 2.3. Постановка основних крайових задач для ДРЧП другого порядку

Тема 2.4. Метод Ейлера-Фур’є для розв’язування крайових задач.

Розділ 3. Задача Коші для ДРЧП другого порядку

Тема 3.1. Задача Коші для хвильового рівняння на прямій

Тема 3.2. Задача Коші для хвильового рівняння у просторі та на площині

Тема 3.3. Задача Коші для рівняння теплопровідності

Розділ 4. Поняття про інтегральні рівняння

Тема 4.1 Інтегральні рівняння та їх класифікація

Тема 5.2 Методи розв’язування інтегральних рівнянь

Розділ 5. Диференціальні рівняння в частинних похідних високих порядків

Тема 5.1 Класифікація та постановка основних крайових задач для ДРЧП високих порядків

Розділ 6. Системи диференціальних рівнянь в частинних похідних

Тема 6.1 Системи диференціальних рівнянь в частинних похідних

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. І.Д. Пукальський, І.П. Лусте Диференціальні рівняння у частинних похідних: теорія, приклади та задачі: навчальний посібник. - Чернівці: Чернівецький нац. ун-т, 2017. - 304 с.

- Журавська Г.В. Класичні методи розв'язування задач математичної фізики. Навчальний посібник для інженерних спеціальностей./ Журавська Г.В., Качаєнко О.Б., Кузьма О.В., Рева Н.В., Стогній В.І. – Київ: КПІ, 2017. – 258 с. <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/19879>
- Маринець В.В. Теорія крайових задач для звичайних диференціальних рівнянь: Навчальний посібник./ Маринець В.В., Рого В.Л., Маринець К.В. – Ужгород: Вид-во УжНУ «Говерла», 2013. – 196 с.

Допоміжна література

- Лопушанська Г.П. Диференціальні рівняння та рівняння математичної фізики: навчальний посібник/ Лопушанська Г.П., Бугрій О.М., Лопушанський А.О.- Львів: Видавець І.Е.Чижигов, 2012. - 362 с.
- Перестюк М.О. Збірник задач з математичної фізики: навч. посібник/ Перестюк М.О., Маринець В.В., Рого В.Л. – Кам'янець-Подільський: Аксіома, 2012, -252 с.
- Ken F. Riley Mathematical Methods for Physics and Engineering / Ken F. Riley, Mike P. Hobson, Stephen J. Bence - Cambridge University Press, 2018, - 1362 p., - ISBN-10: 0521139872
- Івасишен С.Д. Основи класичної теорії рівнянь математичної фізики/ Івасишен С.Д., Лавренчук В.П., Івасюк Г.П., Рева Н.В. – Чернівці, Видавничий дім «Родовід», 2015. – 357 с.

Навчальний контент

1. Методика опанування навчальної дисципліни

Вивчення даної дисципліни складається з теоретичного матеріалу, який викладається на лекціях, та засвоєння методів розв'язування задач на практичних заняттях. Кожне практичне заняття проводиться тільки після розгляду відповідної теми на лекції.

1.1. Лекційні заняття

№	Назва теми лекції та перелік основних питань
1	<u>Лінійні ДРЧП першого порядку</u> Основні поняття та означення теорії ДРЧП ДРЧП першого порядку від двох незалежних змінних та їх класифікація Методи розв'язування лінійних ДРЧП першого порядку
2	<u>Лінійні ДРЧП першого порядку (продовження)</u> Поняття інтегральної поверхні, що проходить через задану криву Поняття поверхні, що є ортогональною заданій сім'ї поверхонь. <u>Нелінійні ДРЧП першого порядку</u> Методи розв'язування нелінійних ДРЧП першого порядку Метод Лагранжа-Шарпі. Метод Якобі
3	<u>Класифікація ДРЧП другого порядку</u> Лінійні, квазілінійні та нелінійні ДРЧП Класифікація лінійних ДРЧП другого порядку Канонічний вигляд ДРЧП у випадку двох незалежних змінних Поняття про початкові та крайові умови Поняття про коректність задачі
4	<u>Методи розв'язування лінійних ДРЧП</u> Поняття диференціального оператора. Операторний спосіб запису ДРЧП Зведені ДРЧП та методи їх розв'язування Правила відшукування доповнюючих функцій. Правила відшукування частинних розв'язків
5	<u>Постановка основних крайових задач для ДРЧП другого порядку (продовження)</u> Телеграфне рівняння Хвильове рівняння та задачі фізики, які приводять до хвильового рівняння Рівняння теплопровідності та задачі фізики, які приводять до рівняння теплопровідності Постановки основних початково-крайових задач Принцип максимуму

6	<u>Постановка основних крайових задач для ДРЧП другого порядку (продовження)</u> Задачі фізики, які приводять до рівнянь еліптичного типу Рівняння потенціалу тяжіння Потенціальний потік нестискуючої рідини Стаціонарне теплове поле Постановка задач для рівнянь еліптичного типу Поняття про гармонічні функції
7	<u>Метод Ейлера-Фур'є для розв'язування крайових задач</u> Загальна схема застосування методу Ейлера-Фур'є для розв'язування крайових задач Задача Штурма-Ліувілля. Властивості власних чисел та власних функцій Обґрунтування методу Ейлера-Фур'є
8	<u>Метод Ейлера-Фур'є для розв'язування крайових задач (продовження)</u> Вивчення вільних коливань однорідної струни за допомогою методу Ейлера-Фур'є Поняття суперпозиції стоячих хвиль. Застосування до вивчення коливань струни
9	<u>Задача Коші для хвильового рівняння на прямій</u> Задача про коливання необмеженої струни Метод Даламбера. Фізичний зміст розв'язків отриманих методом Даламбера Поняття про узагальнений розв'язок задачі Коші Стійкість розв'язків
10	<u>Задача Коші для хвильового рівняння на прямій (продовження)</u> Задачі для хвильового рівняння в напівобмежених областях Метод продовження. Дисперсія хвиль
11	<u>Задача Коші для хвильового рівняння у просторі та на площині</u> Задача Коші для хвильового рівняння в просторі Формули Кірхгофа та її фізичний зміст
12	<u>Задача Коші для хвильового рівняння у просторі та на площині (продовження)</u> Задача Коші для хвильового рівняння на площині Метод спуску. Формула Пуассона та її фізичний зміст
13	<u>Задача Коші для рівняння теплопровідності</u> Розповсюдження тепла в необмежених областях Розв'язування задачі Коші для рівняння теплопровідності Поняття функції джерела. Формула Пуассона
14	<u>Задача Коші для рівняння теплопровідності (продовження)</u> Фундаментальний розв'язок рівняння теплопровідності та його фізичний зміст Розповсюдження тепла в напівобмежених областях
15	<u>Інтегральні рівняння та їх класифікація</u> Класифікація інтегральних рівнянь. Інтегральні рівняння Вольтерри та Фредгольма Зв'язок інтегральних та диференціальних рівнянь Альтернатива Фредгольма
16	<u>Методи розв'язування інтегральних рівнянь</u> Метод послідовних наближень Метод резольвенти Розв'язування інтегральних рівнянь Вольтерри операційним методом
17	<u>Класифікація та постановка основних крайових задач для ДРЧП високих порядків</u> Лінійні ДРЧП високих порядків Задача про коливання балки Бігармонічне рівняння Постановка основних початково-крайових задач.
18	<u>Системи диференціальних рівнянь в частинних похідних</u> Поняття системи ДРЧП та її розв'язків. Постановки задач. Приклади

1.2. Практичні заняття

№	Назва теми заняття та перелік основних питань
1	Складання лінійних ДРЧП першого порядку Метод Лагранжа розв'язування лінійних ДРЧП першого порядку
2	Застосування Лінійних ДРЧП до відшукування інтегральних поверхонь, що проходять через задану криву та поверхонь, що є ортогональними заданій сім'ї поверхонь
3	Методи розв'язування нелінійних ДРЧП першого порядку
4	Зведення до канонічного вигляду ДРЧП другого порядку зі сталими коефіцієнтами та змінними коефіцієнтами
5	Загальні методи розв'язування лінійних ДРЧП
6	Відшукування частинних розв'язків лінійних ДРЧП
7	Задачі фізики, які приводять до лінійних ДРЧП. Крайові та початкові умови. Постановка задач
8	Контрольна робота 1.
9	Застосування методу Ейлера-Фур'є до вивчення вільних коливань струни
10	Застосування методу Ейлера-Фур'є до вивчення вимушених коливань струни
11	Застосування методу Ейлера-Фур'є до вивчення поширення тепла в стержні
12	Задача Коші для хвильового рівняння. Метод Даламбера
13	Метод Даламбера для мішаних задач в напівобмежених та обмежених областях
14	Задача Коші для хвильового рівняння у просторі та на площині
15	Задача Коші для рівняння теплопровідності на прямій та на напівпрямій
16	Контрольна робота 2.
17	Інтегральні рівняння Вольтерри та Фредгольма. Методи розв'язування
18	Залік

2. Самостійна робота студента

Самостійна робота студентів передбачає опрацювання лекцій, виконання домашніх завдань та розрахункової роботи, підготовка до заліку. Перевірку рівня вивчення матеріалу доцільно проводити через контрольні роботи, виконання та захист розрахункової роботи. Оцінювання таких робіт проводиться у відповідності до положення про рейтингову систему оцінки успішності студентів.

Політика та контроль

1. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

1.1. Форми роботи

Лекції проводяться з використанням наочних засобів представлення матеріалу та з використанням методичних матеріалів, доступ до яких наявний у здобувачів вищої освіти. Студенти отримують всі матеріали через e-mail, кампус чи telegram-групу.

Студенти залучаються до обговорення лекційного матеріалу та задають питання, щодо його сутності.

На практичних заняттях застосовуються форми індивідуальної та колективної роботи для реалізації завдань викладача на набуття навичок самостійної практичної роботи.

1.2. Правила відвідування занять

Заняття можуть проводитись в навчальних аудиторіях згідно розкладу. Також заняття можуть проводитись онлайн в синхронному режимі з використанням засобів відеозв'язку (Zoom або Skype). Проведення занять онлайн повинне бути передбачене відповідним наказом по КПІ ім. Ігоря Сікорського.

За наявності поважних причин здобувач вищої освіти повинен завчасно (за 1 день) повідомити викладача про причини можливого пропуску контрольного заходу.

Якщо завчасно повідомити не вдалось, здобувач вищої освіти протягом одного тижня має зв'язатись із викладачем для погодження форми і порядку усунення заборгованості.

2. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

2.1. Рейтинг студента з дисципліни складається з балів, що він отримує за:

- роботу на практичних заняттях (15 занять);
- дві контрольні роботи (тривалістю 90 хвилин);
- розрахункову роботу.

2.2. Критерії нарахування балів

2.2.1. Робота на практичних заняттях — 3.

- впевнена відповідь на запитання, чіткий запис формул, знання та вміння застосувати необхідні методи — 3 балів;
- відповідь на запитання, чіткий запис формул, знання та вміння застосувати необхідні методи, але можлива допомога викладача — 2 бали;
- відповідь на запитання, знання необхідних методів та формул, але невпевнене використання — 1,5-0,5 бали;
- незнання формул та методів — 0 балів.

Максимальна кількість балів на всіх практичних заняттях дорівнює $3 \text{ бали} \times 5 \text{ занять} = 15 \text{ балів}$.

У випадку дистанційного навчання бали за роботу на практичних заняттях нараховуються за виконання студентами протягом семестру додаткових завдань.

2.2.2. Контрольна робота — 20 балів.

- повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 18-20 балів;
- достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 15-17 балів;
- неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 12-14 балів;
- незадовільна відповідь (не відповідає вимогам на 12 балів) – 0 балів.

Максимальна кількість балів за всі контрольні роботи дорівнює:

$$(20 \text{ балів} \times 2) = 40 \text{ балів.}$$

У випадку дистанційного навчання контрольна робота, що мала писатися в аудиторії, пишеться студентами на практичних заняттях за розкладом з використанням платформ Zoom або Skype (або іншої, в залежності від домовленості з викладачем).

Студентам висилаються завдання до контрольної роботи, і вони через відведений для написання контрольної роботи час, повинні надіслати написаний розв'язок задач. Якщо розв'язок від студента не надіслано вчасно, вважається що цей студент був відсутній на контрольній роботі, робота не перевіряється, і він отримує 0 балів.

Повторне написання модульної контрольної роботи не допускається.

2.2.3. Розрахункова робота — 45 балів.

- виконані всі вимоги до роботи – 40-45 балів;
- виконані майже всі вимоги до роботи, або є несуттєві помилки – 32-44 бали;
- є недоліки щодо виконання вимог до роботи і певні помилки – 27-31 бал;
- завдання не виконане або є грубі помилки – 0 балів.

Повністю виконану розрахункову роботу студент повинен подати не пізніше останнього заняття семестру. У разі порушення цього терміну студент вважається не допущеним до заліку основної сесії. У подальшому студент для отримання допуску до заліку додаткової сесії повинен здати та захистити свою розрахункову роботу.

У випадку дистанційного навчання виконання розрахункової роботи перевіряється за висланими фотографіями написаної роботи на електронну пошту викладача (або іншу платформу, в залежності від домовленості з викладачем).

2.2.4. Штрафні та заохочувальні бали

- виконання завдань із удосконалення дидактичних матеріалів з дисципліни надається від 5 до 10 заохочувальних балів.
- за кожний тиждень запізнення з поданням розрахункової роботи на перевірку надаються штрафні (-5) балів.

2.3. Умовою першої атестації є отримання не менш ніж 17 балів та виконання відповідної частини розрахункової роботи (на час атестації). Умовою другої атестації є отримання не менш ніж 34 бали та виконання відповідної частини розрахункової роботи (на час атестації).

2.4. Сума рейтингових балів, отриманих студентом протягом семестру переводиться до підсумкової оцінки згідно з таблицею. Необхідною умовою допуску до заліку є зарахування розрахункової роботи. Якщо сума балів менш ніж 60, студент виконує залікову контрольну роботу. У цьому разі бали за залікову контрольну роботу переводиться до підсумкової оцінки згідно з таблицею.

Залікова робота представляє собою контрольну роботу тривалістю 90 хвилин, чотири завдання якої оцінюються в 25 балів кожне відповідно до системи оцінювання:

- повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 23-25 балів;
- достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 18-22 балів;
- неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 15-17 балів;
- незадовільна відповідь (не відповідає вимогам на 15 балів) – 0 балів.

Під час заліку забороняється використання будь-яких довідкових матеріалів, телефонів та інших гаджетів.

Після залікової роботи за рішенням викладача може бути проведене співбесіда з деякими студентами.

2.5. Студент, який у семестрі отримав не менш ніж 60 балів, може прийняти участь у заліковій контрольній роботі. У цьому разі, бали отримані ним на контрольній роботі є остаточними.

2.6. Таблиця переведення рейтингових балів до оцінок.

Бали	Оцінка
95-100	Відмінно
85-94	Дуже добре
75-84	Добре
65-74	Задовільно
60-64	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не зараховано розрахункову роботу	Не допущено

Силабус:

Складено кандидатом фіз.-мат.наук, доцентом Журавською Ганною Вікторівною

Ухвалено кафедрою математичної фізики та диференціальних рівнянь

(протокол №11 від 29.08.22)

Погоджено Методичною комісією MMI (протокол №9 від 7.07.22)