



Математичне моделювання стаціонарних фізичних процесів

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, весняний 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; знання основних математичних методів розв'язування та дослідження початково-крайових задач для рівнянь математичної фізики; 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 – математичних моделей стаціонарних процесів, крайові задачі для рівнянь Лапласа, Пуассона та Гельмгольца, методи розв'язування крайових задач для рівнянь Лапласа, Пуассона та Гельмгольца, аналіз отриманих результатів.

1.4. Результати навчання

ЗНАННЯ:

- методів математичного моделювання стаціонарних процесів;
- математичних моделей стаціонарних процесів;
- фізичного змісту основних крайових задач для рівнянь Лапласа, Пуассона та Гельмгольца та розв'язків цих задач;
- основних методів розв'язування крайових задач для рівнянь Лапласа, Пуассона та Гельмгольца (методи функції джерела, відокремлення змінних, скінчених різниць та скінчених елементів);

УМІННЯ:

- складати математичну модель фізичної задачі у формі відповідної задачі для диференціальних рівнянь;
- розв'язувати основні крайові задачі для рівнянь Лапласа, Пуассона та Гельмгольца методами функції джерела, відокремлення змінних, скінчених різниць та скінчених елементів;
- робити фізичний аналіз результатів розв'язування математичних моделей.

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», «Фізика» та «Математичне моделювання процесів коливання і теплопровідності».	• 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. Математичне моделювання стаціонарних фізичних процесів

Тема 1.1. Математичне моделювання стаціонарних фізичних процесів

Тема 1.2. Гармонічні функції

Тема 1.3. Застосування методу відокремлення змінних до розв'язування крайових задач для рівнянь Лапласа та Пуассона

Розділ 2. Метод функції джерела

Тема 2.1. Метод функції джерела для звичайних диференціальних рівнянь

Тема 2.2. Метод функції джерела для рівнянь Лапласа та Пуассона

Тема 2.2. Метод конформних відображень

Розділ 3. Елементи теорії потенціалів

Тема 3.1. Елементи теорії потенціалів

Розділ 4. Рівняння Гельмгольца

Тема 4.1. Задачі, що приводять до рівняння Гельмгольца

Тема 4.2. Методи розв'язування рівняння Гельмгольца

Тема 4.3. Задачі для необмеженої області

Розділ 5. Чисельні методи розв'язування крайових задач Діріхле та Неймана

Тема 5.1. Метод скінчених різниць

Тема 5.2. Метод скінчених елементів

Розділ 4. Асимптотичні методи

Тема 4.1. Поняття про асимптотичні методи

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. Чуйко Г. П. Математичне моделювання систем і процесів : [навчальний посібник] / Г. П. Чуйко, О. В. Дворник, О. М. Яремчук. – Миколаїв : Вид-во ЧДУ імені Петра Могили, 2015. – 244 с. - ISBN 978-966-336-340-0
2. Гой Т.П. Наближені методи розв'язування диференціальних рівнянь. Навчальний посібник для студентів напрямів підготовки “математика” та “прикладна математика” / Гой Т.П., Копач М.І., Федак І.В. – Івано-Франківськ: Видавничо-дизайнерський відділ Центру інформаційних технологій Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника, 2010. – 148 с.

Допоміжна література

3. 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>
4. 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.
5. Перестюк М.О. Збірник задач з математичної фізики: навч. посібник/ Перестюк М.О., Маринець В.В., Рего В.Л. – Кам'янець-Подільський: Аксіома, 2012, -252 с.
6. Методи математичної фізики. Частина 2. Математичні моделі деяких поширених фізичних процесів. Навчальний посібник [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальностей 104 Фізика та астрономія, 111 Математика / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад. В. С. Герасимчук. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,18 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 38 с. – Назва з екрана. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/46095>
7. Адамян В.М. Вступ до математичної фізики. Варіаційне числення та крайові задачі навчальний посібник для студентів фізичних та інженерно-фізичних спеціальностей вищих навчальних закладів/ Адамян В.М., Сушко М.Я. - Одеса : Астропринт, 2014,- 376с. - - ISBN:978-966-190-912-9
8. Thomas Witelski Methods of Mathematical Modelling/ Thomas Witelski - Springer Nature, 2015, - 305 p.- ISBN-10 : 3319230417
9. David J. Wollkind Comprehensive Applied Mathematical Modeling in the Natural and Engineering Sciences: Theoretical Predictions Compared with Data / David J. Wollkind, Bonni J. Dichone - Springer, 2018 - 628 p.
10. Hevre Le Dret Nonlinear Elliptic Partial Differential Equations: An Introduction / Hevre Le Dret, - Springer, 2018,- 263 p.
11. M. L. Scutaru Mathematical Modeling and Simulation in Mechanics and Dynamic Systems / M. L. Scutaru, C.I.Pruncu, - Mdpi AG, 2022, - 340 p. - ISBN-13 : 978-3036532769

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

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань
1	<u>Математичне моделювання стаціонарних фізичних процесів</u> Рівняння потенціалу тяжіння. Потенціальний потік нестискуючої рідини. Стаціонарне теплове поле. Потенціал стаціонарного струму та електростатичного поля. Постановка задач для рівнянь еліптичного типу.
2	<u>Гармонічні функції</u> Гармонічні функції та їх властивості. Зв'язок з аналітичними функціями комплексної змінної. Принцип максимуму. Формули Гріна.
3	<u>Застосування методу відокремлення змінних до розв'язування крайових задач для еліптичних рівнянь</u> Застосування методу відокремлення змінних до розв'язування крайових задач для рівняння Лапласа та Пуассона в прямокутнику.

4	<u>Застосування методу відокремлення змінних до розв'язування крайових задач для еліптичних рівнянь (продовження)</u> Застосування методу відокремлення змінних до розв'язування крайових задач для рівняння Лапласа та Пуассона в крузі та кільці.
5	<u>Застосування методу відокремлення змінних до розв'язування крайових задач для еліптичних рівнянь (продовження)</u> Застосування методу відокремлення змінних до розв'язування крайових задач для рівняння Лапласа та Пуассона в кулі. Застосування поліномів Лежандра.
6	<u>Метод функції джерела для звичайних диференціальних рівнянь</u> Крайові задачі для звичайних диференціальних рівнянь. Поняття функції джерела. Фізичний зміст функції джерела. Функція джерела задачі Штурма-Ліувілля
7	<u>Функція джерела для рівнянь Лапласа та Пуассона</u> Функція джерела задачі Діріхле на площині та у просторі. Метод електростатичних відображень Функція джерела задачі Неймана на площині та у просторі.
8	<u>Функція джерела для рівнянь Лапласа та Пуассона (продовження)</u> Функція джерела задачі Діріхле в крузі. Функція джерела задачі Діріхле в кулі. Інтеграл Пуассона та його застосування.
9	<u>Метод конформних відображень</u> Поняття про конформні відображення. Застосування конформних відображень в електростатиці та гідродинаміці
10	<u>Елементи теорії потенціалів</u> Потенціали об'єму, простого та подвійного шарів Поверхні та криві Ляпунова
11	<u>Елементи теорії потенціалів</u> Застосування потенціалів до розв'язування крайових задач
12	<u>Рівняння Гельмгольца</u> Крайові задачі для рівняння Гельмгольца Усталені коливання Дифузія газу при наявності розпаду та при ланцюгових реакціях Дифузія в рухомому середовищі
13	<u>Методи розв'язування рівняння Гельмгольца</u> Метод відокремлення змінних для розв'язування крайових задач для рівняння Гельмгольца
14	<u>Методи розв'язування рівняння Гельмгольца</u> Метод функції джерела для розв'язування крайових задач для рівняння Гельмгольца
15	<u>Задачі для необмеженої області</u> Неоднорідне рівняння Гельмгольца
16	<u>Метод скінчених різниць</u> Метод скінчених різниць для задачі Діріхле. Збіжність різницевої схеми. Метод простої ітерації
17	<u>Метод скінчених елементів</u> Основні поняття та алгоритм методу скінчених елементів. Класифікація скінчених елементів
18	<u>Поняття про асимптотичні методи</u> Основні поняття про асимптотичні методи Аналіз стійкості отриманих результатів

1.2. Практичні заняття

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань
1	Математичне моделювання стаціонарних фізичних процесів
2	Гармонічні функції та їх властивості.
3	Застосування методу відокремлення змінних до розв'язування крайових задач для рівняння Лапласа та Пуассона в прямокутнику

4	Застосування методу відокремлення змінних до розв'язування крайових задач для рівняння Лапласа в крузі, в кільці та зовні круга.
5	Застосування методу відокремлення змінних до розв'язування крайових задач для еліптичних рівнянь в кулі та зовні кулі
6	Контрольна робота 1.
7	Метод функції джерела для звичайних диференціальних рівнянь
8	Метод функції джерела для задачі Діріхле та задачі Неймана на площині та у просторі
9	Метод функції джерела для задач Діріхле в крузі та кулі
10	Метод конформних відображень
11	Потенціали об'єму, простого та подвійного шарів. Застосування
12	Крайові задачі для рівняння Гельмгольца
13	Застосування спеціальних функцій до рівняння Гельмгольца
14	Математичне моделювання фізичних процесів за допомогою рівняння Гельмгольца
15	Контрольна робота 2.
16	Застосування метод скінчених різниць
17	Застосування методу скінчених елементів
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 дедлайну 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 проведено 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 динаміки і міцності машин та опору матеріалів

(Протокол № 6 від 18.12.2024 р.)

Погоджено Методичною комісією Навчально-наукового механіко-машинобудівного інституту

(Протокол № 5 від 20.12.2024 р.)