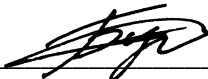


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Львівський національний університет імені Івана Франка
Механіко-математичний факультет
Кафедра математичної статистики і диференціальних рівнянь



Затверджено
на засіданні кафедри математичної
статистики і диференціальних рівнянь
механіко-математичного факультету
Львівського національного університету
імені Івана Франка
(протокол № 1 від 29.08.2022)

Завідувач кафедри

 проф. Бугрій О.М.

Силабус з навчальної дисципліни

**“Оптимальне керування процесами, що описуються
рівняннями з частинними похідними”,
що викладається в межах ОПІ
“Комп’ютерний аналіз математичних моделей”
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
для здобувачів зі спеціальності**

111 Математика

| | |
|--|---|
| Назва дисципліни | Оптимальне керування процесами, що описуються рівняннями з частинними похідними |
| Адреса викладання дисципліни | Львівський національний університет імені Івана Франка м. Львів, вул. Університетська 1 |
| Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна | Механіко-математичного факультет Кафедра математичної статистики і диференціальних рівнянь |
| Галузь знань, шифр та назва спеціальності | Галузь знань: 11 Математика і статистика Спеціальність: 111 Математика; |
| Викладачі дисципліни | Бокало Микола Михайлович , доктор фізико-математичних наук, професор, професор кафедри математичної статистики і диференціальних рівнянь |
| Контактна інформація викладачів | mykola.bokalo@lnu.edu.ua ; |
| Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються | Консультацію з теоретичної чи практичної частини курсу можна отримати на нараді MS Teams і групі курсу в Telegram у будь-який зручний для студентів та викладача час, а також очно в день проведення лекцій чи практичних занять за попередньою домовленістю. |
| Сторінка курсу | https://new.mmf.lnu.edu.ua/course/optymalne-keruvannia-protsesamy-shcho-opysuiutsia-rchp-111-matematyka |
| Інформація про дисципліну | Дисципліна “ Оптимальне керування процесами, що описуються рівняннями з частинними похідними” є нормативною дисципліною зі спеціальності 111 Математика для освітньої програми “Комп’ютерний аналіз математичних моделей”. Вона викладається в 8-му семестрі в обсязі 3-ох кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS). |
| Коротка анотація дисципліни | Навчальну дисципліну розроблено таким чином, щоб надати здобувачам першого (бакалаврського) рівня необхідні знання для отримання загальних і фахових компетенцій з теорії оптимального керування процесами, які описуються рівняннями з частинними похідними, що дозволить засвоювати пов’язані з нею дисципліни та використовувати набуті знання в професійній діяльності. |
| Мета та цілі дисципліни | Мета: ознайомити з поняттями та методами оптимального керування системами, що описуються диференціальними рівняннями з частинними похідними. |

| | |
|---|--|
| | Завдання: освоїти студентами основні поняття і методи оптимального керування системами, що описуються диференціальними рівняннями з частинними похідними. |
| Література для вивчення дисципліни | <ol style="list-style-type: none"> 1. Lions J.-L. Optimal Control of Systems Governed by Partial Differential Equations // Springer, Berlin, 1971. 2. Balakrishnan V. Semigroup theory and control theory. Washington, 1965. 3. Бокало М.М. Оптимальне керування системами, що описуються диференціальними рівняннями з частинними похідними // Електронний текст лекцій. Сторінка курсу. 4. М. М. Bokalo, А. М. Tsebenko, Optimal control for systems governed by parabolic equations without initial conditions with controls in the coefficients // Electron. J. Differential Equations. – 2017. – Vol. 2017 (2017), No. 72. – P. 1–22 |
| Обсяг курсу | Всього 90 годин: 72 год аудиторних занять, з них 36 годин лекцій, 36 годин практичних занять, та 18 год самостійної роботи (очна форма навчання). |
| Очікувані результати навчання | <p>Після завершення цього курсу студент буде</p> <p>знати: основні поняття теорії оптимального керування системами, що описуються диференціальними рівняннями з частинними;</p> <p>вміти: знаходити мінімум функціоналу, визначати оптимальне керування системами, що описуються диференціальними рівняннями еліптичного, параболічного та гіперболічного типів.</p> <p>У результаті вивчення курсу студент набуде таких загальних (ЗК) і спеціальних (СК) компетентностей:</p> <p>ЗК-1 Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу;</p> <p>ЗК-3 Знання й розуміння предметної області та професійної діяльності;</p> <p>ЗК-7 Здатність учитися і оволодівати сучасними знаннями;</p> <p>ЗК-9 Здатність приймати обґрунтовані рішення;</p> <p>СК-1 Здатність формулювати проблеми математично та в символічній формі з метою спрощення їхнього аналізу й розв'язання; СК-2 Здатність подавати математичні міркування та висновки з них у формі, придатній для цільової аудиторії, а також аналізувати та обговорювати математичні міркування інших осіб, залучених до розв'язання тієї самої задачі; СК-3 Здатність здійснювати міркування та виокремлювати ланцюжки міркувань у математичних доведеннях на базі аксіоматичного підходу, а також розташовувати їх у логічну послідовність, у тому числі відрізняти основні ідеї від деталей і технічних викладок; СК-4 Здатність конструювати формальні доведення з аксіом та постулатів і відрізняти правдоподібні аргументи від формально бездоганих;</p> <p>СК-12 Здатність до знаходження оптимального керування процесами, що описуються диференціальними рівняннями.</p> <p>Після проходження курсу студент здобуде такі програмні результати навчання (РН):</p> <p>РН-1 Знати основні етапи історичного розвитку математичних знань і парадигм, розуміти сучасні тенденції в математиці;</p> <p>РН-3 Знати принципи modus ponens (правило виведення логічних</p> |

| | |
|---|---|
| | <p>висловлювань) та <i>modus tollens</i> (доведення від супротивного) і використовувати умови, формулювання, висновки, доведення та наслідки математичних тверджень;</p> <p>PH-10 Розв'язувати 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;</p> <p>PH-24 Знати основи теорії оптимального керування системами, що описуються диференціальними рівняннями, і застосовувати їх при розв'язуванні задач оптимізації.</p> |
| Ключові слова | Рівняння з частинними похідними, простір Соболева, варіаційна задача, задача оптимального керування |
| Формат курсу | Очний, дистанційний. |
| Теми | Див. Схема курсу |
| Підсумковий контроль, форма | Іспит в письмовій формі. |
| Пререквізити | <p>Для вивчення даного курсу студенти повинні мати базові знання з:</p> <ul style="list-style-type: none"> - лінійної алгебри, - функціонального аналізу, - диференціальних рівнянь, - математичного аналізу. |
| Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу | Лекції, практичні заняття і самостійна робота. |
| Необхідне обладнання | Комп'ютер із необхідним програмним забезпеченням, доступ до інтернету. |
| Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності) | <p>Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються так: контрольні роботи №1 – №4 : $4 \times 12 = 48$; премія за активну роботу на заняттях -- 2; всього – 50 за роботу в семестрі. Іспит – 50. Всього – 100.</p> <p>Академічна доброчесність: Очікується, що роботи студентів будуть оригінальними дослідженнями чи міркуваннями. Списування та втручання в роботу інших студентів становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в написанні завдань є підставою для її незарахування викладачем, незалежно від масштабів плагіату чи обману.</p> <p>Відвідання занять є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають усі лекції та практичні заняття курсу. Студенти повинні інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. У будь-якому випадку студенти зобов'язані дотримуватися термінів визначених для виконання всіх видів робіт, передбачених курсом.</p> |

| | |
|---|---|
| | <p>Література. Уся література, яку студенти не зможуть знайти самостійно, буде надана викладачем виключно в освітніх цілях без права її передачі третім особам. Студенти заохочуються до використання також й іншої літератури та джерел, яких немає серед рекомендованих.</p> <p>Політика виставлення балів. Враховуються бали, набрані при поточному контролі та бали підсумкового тестування. При цьому обов'язково враховуються присутність на заняттях та активність студента під час практичного заняття; недопустимість пропусків та запізнь на заняття; користування мобільним телефоном, планшетом чи іншими мобільними пристроями під час заняття в цілях не пов'язаних з навчанням; списування та плагіат; несвоєчасне виконання поставленого завдання і т. ін.</p> <p>Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються.</p> |
| <p>Питання до заліку чи екзамену</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. Мінімізація функціоналів <ol style="list-style-type: none"> 1.1. Мінімізація коерцитивних функціоналів <ol style="list-style-type: none"> 1.1.1. Позначення і основні припущення 1.1.2. Характеризація мінімізуючого елемента функціонала 1.1.3. Узагальнення задачі 1.1.4. Модифікація варіаційних нерівностей 1.2. Пряме доведення існування та єдиності розв'язку варіаційної задачі 2. Керування системами, які описуються еліптичними рівняннями <ol style="list-style-type: none"> 2.1. Керування в еліптичних варіаційних задачах <ol style="list-style-type: none"> 2.1.1. Основні позначення і припущення 2.1.2. Формулювання задачі оптимального керування системами, що описуються еліптичними рівняннями 2.1.3. Приклади застосувань загальних результатів 3. Оптимальне керування системами, які описуються параболічними рівняннями <ol style="list-style-type: none"> 3.1. Вихідні положення <ol style="list-style-type: none"> 3.1.1. Функційні простори 3.1.2. Основні припущення 3.1.3. Задача Коші 3.2. Задача оптимального керування <ol style="list-style-type: none"> 3.2.1. Постановка задачі і основні результати 3.2.2. Приклади застосувань загальних результатів 4. Оптимальне керування системами, які описуються гіперболічними рівняннями <ol style="list-style-type: none"> 4.1. Вихідні положення <ol style="list-style-type: none"> 4.1.1. Функційні простори 4.1.2. Основні припущення 4.1.3. Задача Коші 4.2. Задача оптимального керування <ol style="list-style-type: none"> 4.2.1. Постановка задачі і основні результати 4.2.2. Приклади застосувань загальних результатів |
| <p>Опитування</p> | <p>Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.</p> |

Схема курсу

| Тиждень | Лекційний курс | | Практичні заняття | | К-сть год СР Л-ра |
|---------------------|---|------------------|--|------------------|----------------------------|
| | Назва теми | К- сть год | Назва теми | К- сть год | |
| 8-ий семестр | | | | | |
| 1 | 1. Мінімізація функціоналів 1.1. Мінімізація коерцитивних функціоналів 1.1.1. Позначення і основні припущення 1.1.2. Характеризація мінімізуючого елемента функціонала | 4 | Мінімізація коерцитивних функціоналів. | 2 | 1 [1-3] |
| 2 | 1.1.3. Узагальнення задачі 1.1.4. Модифікація варіаційних нерівностей | 2 | Модифікація варіаційних нерівностей | 4 | 1 [1-3] |
| 3 | 1.2. Пряме доведення існування та єдиності розв'язку варіаційної задачі | 4 | Знаходження розв'язку варіаційної задачі | 2 | 2 [1-3] |
| 4 | 2. Керування системами, які описуються еліптичними рівняннями 2.1. Керування в еліптичних варіаційних задачах 2.1.1. Основні позначення і припущення 2.1.2. Формулювання задачі оптимального керування системами, що описуються еліптичними рівняннями | 2 | Тестування, колоквиум | 4 | 2 [1-3] |
| 5 | 2.1.3. Приклади застосувань загальних результатів | 4 | Розв'язування задач оптимального керування системами, що описуються еліптичними рівняннями (I) | 2 | 2 [1-3] |
| 6 | 3. Оптимальне керування системами, які описуються параболічними рівняннями 3.1. Вихідні положення 3.1.1. Функційні простори 3.1.2. Основні припущення 3.1.3. Задача Коші | 2 | Розв'язування задач оптимального керування системами, що описуються еліптичними рівняннями (II) | 4 | 2 [1-3] |
| 7 | 3.2. Задача оптимального керування 3.2.1. Постановка задачі і основні результати. | 4 | Контрольна робота №1 | 2 | 2 [1-3] |
| 8 | 3.2.2. Приклади застосувань загальних результатів | 2 | Розв'язування задач оптимального керування системами, що описуються параболічними рівняннями (I) | 4 | 1 [1-3] |

| | | | | | |
|----|---|----|--|----|------------|
| 9 | 4. Оптимальне керування системами, які описуються гіперболічними рівняннями 4.1. Вихідні положення 4.1.1. Функційні простори 4.1.2. Основні припущення | 4 | Розв'язування задач оптимального керування системами, що описуються параболічними рівняннями (II) | 2 | 2 [1-3] |
| 10 | 4.1.3. Задача Коші | 2 | Розв'язування задач оптимального керування системами, що описуються гіперболічними рівняннями (I) | 4 | 2 [1-3] |
| 11 | 4.2. Задача оптимального керування 4.2.1. Постановка задачі і основні результати. | 4 | Розв'язування задач оптимального керування системами, що описуються гіперболічними рівняннями (II) | 2 | 1 [1-3] |
| 12 | 4.2.2. Приклади застосувань загальних результатів | 2 | Контрольна робота N 2. | 4 | 2 [1-4] |
| | Разом за семестр | 36 | | 36 | 18 |