

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Львівський національний університет імені Івана Франка**  
**Факультет електроніки та комп'ютерних технологій**  
**Кафедра системного проектування**

**Затверджено**

На засіданні кафедри системного проектування  
факультету електроніки та комп'ютерних технологій  
Львівського національного університету імені Івана Франка  
(протокол № 1 від 28.08 2023 р.)

Завідувач кафедри:



Роман ШУВАР

**Силабус з навчальної дисципліни**  
**“Методи оптимізації”,**  
**що викладається в межах ОПП “Комп'ютерні науки”**  
**першого (бакалаврського) рівня вищої освіти для здобувачів з**  
**спеціальності 122 – Комп'ютерні науки**

Львів 2023 р.

<b>Назва дисципліни</b>	Методи оптимізації
<b>Адреса викладання дисципліни</b>	Корпус факультету електроніки та комп'ютерних технологій, Львівський національний університет імені Івана Франка, вул. Драгоманова 50, м. Львів, 79005, вул. Ген. Тарнавського 107, м. Львів, 79011
<b>Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна</b>	Факультет електроніки та комп'ютерних технологій Кафедра системного проектування
<b>Галузь знань, шифр та назва спеціальності</b>	12 – Інформаційні технології 122 – Комп'ютерні науки
<b>Викладачі дисципліни</b>	Бугрій О.М., доктор фізико-математичних наук, професор, професор кафедри системного проектування
<b>Контактна інформація викладачів</b>	oleh.buhrii@lnu.edu.ua , <a href="https://electronics.lnu.edu.ua/employee/buhrii-o-m">https://electronics.lnu.edu.ua/employee/buhrii-o-m</a>
<b>Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються</b>	Консультації в день проведення лекцій/лабораторних занять (за попередньою домовленістю): ауд. 205, корпус факультету електроніки та комп'ютерних технологій, вул. Драгоманова 50, м. Львів, 79005
<b>Сторінка курсу</b>	<a href="https://electronics.lnu.edu.ua/course/metody-opt/">https://electronics.lnu.edu.ua/course/metody-opt/</a>
<b>Інформація про дисципліну</b>	Дисципліна “Методи оптимізації” є дисципліною вільного вибору студента з спеціальності 122 – Комп'ютерні науки для освітньої програми “Комп'ютерні науки”, яка викладається в 5-му семестрі в обсязі 3,5 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
<b>Коротка анотація дисципліни</b>	Курс розроблено для ознайомлення студентів з основними поняттями та методами оптимізації функцій багатьох змінних, класичного варіаційного числення та оптимального керування.
<b>Мета та цілі дисципліни</b>	<i>Мета:</i> ознайомлення з основними поняттями та методами теорії оптимізації функцій багатьох змінних, оптимізації інтегральних та термінальних функціоналів, теорії оптимального керування <i>Цілі:</i> ознайомити з методами розв'язування задач математичного, опуклого та лінійного програмування, з властивостями інтегральних та термінальних функціоналів, з основами класичного варіаційного числення та основами теорії оптимального керування
<b>Література для вивчення дисципліни</b>	1) Кирилич В.М., Терещук О.В., Флюд В.М. <i>Оптимальне керування соціально-економічними системами у середовищі MatLab</i> . Львів: ЛНУ ім. І.Франка, 2021. 2) Панченко С.В., Медиченко М.П., Лисечко В.П. <i>Методи оптимізації та моделювання</i> . Харків: УкрДАЗТ, 2015. 3) Моклячук М.П. <i>Варіаційне числення. Екстремальні задачі</i> . Київ, 2003. 4) Яровий А. Т., Страхов Є. М. <i>Методи оптимізації та варіаційне числення</i> . Одеса: ФОП «Сухачов», 2017. 5) Kirk D.E. <i>Optimal Control Theory. An Introduction</i> . Dover Publications, 2004. 6) Ben-Asher J.Z. <i>Optimal control theory with aerospace applications</i> .

	<p>American Institute of Aeronautics and Astronautics, 2010.</p> <p>7) Brinkhuis J. <i>Convex Analysis for Optimization. A Unified Approach</i>. Graduate Texts in Operations Research. Springer, 2020.</p> <p>8) Коноваленко О.Є., Брусенцев В.О., Зінченко О.І., Бондаренко О.В. <i>Варіаційне числення. Рівняння математичної фізики</i>. Харків: НТУ «ХП», 2022.</p>
<b>Обсяг курсу</b>	Загальний обсяг: 105 годин. Аудиторних занять: 64 год., з них 32 год. лекційних та 32 годин лабораторних робіт. Самостійної роботи: 41 год.
<b>Очікувані результати навчання</b>	<p>У результаті вивчення даного курсу студент буде:</p> <p><b>знати:</b> формулювання і методи розв'язування основних задач оптимізації функцій багатьох змінних, класичних варіаційних задач оптимізації функціоналів, задач оптимального керування;</p> <p><b>вміти:</b> розрізняти типи задач оптимізації функцій та функціоналів, типи задач оптимального керування, знаходити розв'язки задач класичної оптимізації, знаходити розв'язки та екстремали варіаційних задач Лагранжа, задач з вільними та закріпленими кінцями, задач оптимального керування.</p>
<b>Ключові слова</b>	Варіаційне числення, методи оптимізації, оптимальне керування.
<b>Формат курсу</b>	Очний
<b>Теми</b>	Див. <b>Схема курсу</b>
<b>Підсумковий контроль, форма</b>	Залік у кінці семестру
<b>Пререквізити</b>	<p>Для вивчення даного курсу студентам потрібні базові знання з курсів:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- вища математика;</li> <li>- чисельні методи.</li> </ul>
<b>Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу</b>	<p>Інформаційні методи (лекція, бесіда, ілюстрація, демонстрація); дедуктивні методи на основі узагальнень; евристичні методи (проблемна лекція); інтерактивні методи (дискусія).</p>
<b>Необхідне обладнання</b>	<p>Для проведення лекційних занять: комп'ютер (мінімальні характеристики: процесор Intel Core i3, 4ГБ оперативної пам'яті), доступ до мережі Internet, засоби мультимедіа (в т.ч. проектор).</p> <p>Для проведення лабораторних занять: комп'ютер (мінімальні характеристики: процесор Intel Core i3, 4ГБ оперативної пам'яті). Необхідне програмне забезпечення включає в себе ОС Windows 10, додаток MS Teams, середовище Jupyter Notebook з вбудованим компілятором мови програмування Python.</p>
<b>Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)</b>	<p>Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за наступним співвідношенням:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Змістовий модуль 1: 16% семестрової оцінки за активну роботу на заняттях і самостійне виконання домашніх завдань, 8% семестрової оцінки за контрольну роботу, 12% семестрової за колоквиум, максимальна кількість балів 36.</li> <li>• Змістовий модуль 2: 16% семестрової оцінки за активну роботу на заняттях і самостійне виконання домашніх завдань, 8% семестрової оцінки</li> </ul>

за контрольну роботу, максимальна кількість балів 24.

- Змістовий модуль 3: 16% семестрової оцінки за активну роботу на заняттях і самостійне виконання домашніх завдань, 8% семестрової оцінки за контрольну роботу, максимальна кількість балів 24.
- Залік: 16% семестрової оцінки, максимальна кількість балів 16.

Підсумкова максимальна кількість балів 100.

**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.

Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються.

**Відвідання занять** є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають усі лекції та лабораторні 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.

**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.

**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.

**Оцінювання лабораторних робіт** (3 змістових модулі містять по 4 лабораторних роботи кожен, загалом 12 лабораторних робіт, максимальна кількість балів: 48) відбувається шляхом оцінки роботи студента під час проведення лабораторної роботи в аудиторії (0-1 балів за одну роботу) та виконаного ним домашнього завдання (0-3 балів за одну роботу).

Бали оцінювання аудиторного виконання лабораторних робіт нараховуються за наступним співвідношенням:

- 1 – студент в повному обсязі володіє навчальним матеріалом, має повне розуміння розглянутої теми, надає правильні відповіді на запитання по темі;
- 0,5 – студент достатньо розуміє розглянутий матеріал, присутні неточності та незначні помилки у відповідях на запитання по темі;
- 0 – студент зовсім не засвоїв розглянутий матеріал.

Бали оцінювання домашнього завдання нараховуються за наступним співвідношенням:

- 3 – завдання виконано повністю та правильно;
- 2 – завдання виконано частково, присутні незначні неточності та помилки;
- 1 – правильно виконано лише частину поставленого завдання, присутні множинні неточності, описки, помилки;

	<p>0 – завдання не виконано.</p> <p><b>Оцінювання колоквиуму та підсумкового тестування</b> (завдання з тематики кожного змістового модуля) відбувається шляхом оцінки письмових відповідей студента на поставлені запитання. Відсотки нарахування балів оцінювання відповіді на кожне запитання нараховуються за наступним співвідношенням:  75-100% – тема відтворюється в повному обсязі, правильно, обґрунтовано, логічно;  50-75% – відтворюється значна частина розглянутої теми, проте присутні неточності та/або невідповідності;  25-50% – виявлено множинні неточності та невідповідності, пояснення відсутні чи частково помилкові;  0-25% – тему майже не розкрито, кількість викладеного матеріалу не відповідає загальним нормам обраного виду роботи.</p> <p><b>Критерії оцінювання результатів неформальної освіти:</b>  Нарахування балів відбувається за публікацію студентом тез доповідей на конференціях, наукових статей, за участь студента у діяльності наукових гуртків, семінарів, круглих столів, конкурсів, участь у заходах неформальної освіти, за отримання сертифікатів про проходження навчання на різних освітніх платформах (Coursera, Prometheus тощо), курсах провідних ІТ компаній за тематикою навчальної дисципліни. Кількість балів визначається відсотком покриття результатів відповідної активності до вимог результатів навчання з навчальної дисципліни</p>
<b>Питання до модульного контролю</b>	<p>Означення і властивості опуклих множин і функцій; методи оптимізації функцій багатьох змінних; означення та властивості першої та другої варіації функціоналів; формулювання і доведення принципів Лагранжа для задач математичного, опуклого програмування, задач варіаційного числення; теорія двоїстості; симплекс-метод; формулювання основних задач класичного варіаційного числення, умови їх розв'язності; вигляд рівнянь Ейлера та крайових умов, які виникають при оптимізації функціоналів; формулювання основних задач теорії оптимального керування, умови їх розв'язності; вигляд функції Лагранжа, формулювання і доведення принципу максимуму Понтрягіна</p>
<b>Опитування</b>	<p>Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.</p>

**Схема курсу “Методи оптимізації”  
для студентів спеціальності 122 – Комп’ютерні науки**

Тиж.	Тема, план, короткі тези	Форма діяльності (заняття)* *лекція, самостійна, дискусія, групова робота)	Література.** * Ресурси в інтернеті	Завдання, год	Термін виконання
1	Класична задача умовної оптимізації. Метод невизначених множників Лагранжа	Лекція	[1]-[8], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
1	Загальні принципи оптимізації функцій багатьох змінних	Лабораторна робота	[1]-[8], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
2	Основи опуклого аналізу	Лекція	[1]-[8], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
2	Симплекс-метод розв’язування канонічної задачі лінійного програмування	Лабораторна робота	[1]-[8], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
3	Мінімізаційна задача математичного програмування	Лекція	[1]-[8], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
3	Задачі математичного і опуклого програмування	Лабораторна робота	[1]-[8], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
4	Задача опуклого програмування. Теорія двоїстості	Лекція	[1]-[8], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
4	Основи теорії двоїстості	Лабораторна робота	[1]-[8], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
5	Колоквіум 1	Лекція	[1]-[8], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
5	Контрольна робота 1	Лабораторна робота	[1]-[8], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
6	Варіація функціоналів та її застосування	Лекція	[1]-[8], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
6	Варіаційні задачі безумовного екстремуму	Лабораторна робота	[1]-[8], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
7	Слабкий та сильний екстремум в задачі з закріпленими кінцями	Лекція	[1]-[8], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
7	Варіаційна задача з закріпленими кінцями	Лабораторна робота	[1]-[8], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
8	Варіаційні задачі Лагранжа з алгебричними та диференціальними в’язями	Лекція	[1]-[8], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
8	Варіаційна задача Лагранжа	Лабораторна робота	[1]-[8], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня

9	Ізопериметрична задача класичного варіаційного числення	Лекція	[1]-[8], Сайт курсу	2	Кінець поточного тижня
9	Ізопериметрична задача	Лабораторна робота	[1]-[8], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
10	Необхідні умови екстремуму в задачі з рухомими кінцями	Лекція	[1]-[8], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
10	Контрольна робота 2	Лабораторна робота	[1]-[8], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
11	Формулювання задач оптимального керування	Лекція	[1]-[8], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
11	Задача з рухомими кінцями	Лабораторна робота	[1]-[8], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
12	Задача керування для функціоналу Майєра	Лекція	[1]-[8], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
12	Основи оптимального керування	Лабораторна робота	[1]-[8], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
13	Принцип максимуму Понтрягіна для задачі термінального керування	Лекція	[1]-[8], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
13	Задача з вільними кінцями	Лабораторна робота	[1]-[8], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
14	Розв'язність задачі оптимальної швидкодії	Лекція	[1]-[8], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
14	Задача оптимальної швидкодії	Лабораторна робота	[1]-[8], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
15	Задача керування для функціоналу Больца	Лекція	[1]-[8], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
15	Контрольна робота 3	Лабораторна робота	[1]-[8], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
16	Принцип максимуму для задачі оптимального керування з фіксованим часом, закріпленим лівим та вільним правим кінцем	Лекція	[1]-[8], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
16	Підсумкове заняття	Лабораторна робота	[1]-[8], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня