



Національний технічний університет України  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»



Кафедра інженерії  
програмного забезпечення  
в енергетиці (ІПЗЕ)

## ДОСЛІДЖЕННЯ ОПЕРАЦІЙ

### Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

#### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	12 Інформаційні технології
Спеціальність	121 Інженерія програмного забезпечення
Освітня програма	Інженерія програмного забезпечення інтелектуальних кібер-фізичних систем в енергетиці
Статус дисципліни	За вибором
Форма навчання	очна(денна)/очна /дистанційна/змішана
Рік підготовки, семестр	3 курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	4 кредити, 120 годин, з яких 54 години аудиторних (36 год лекцій, 18 год практичні), (66 годин становить самостійна робота)
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік/ модульна контрольна робота
Розклад занять	<a href="http://rozklad.kpi.ua/">http://rozklad.kpi.ua/</a>
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.т.н., доц., Кузьмініх Валерій Олександрович, vakuz0202@gmail.com Лабораторні: к.т.н., доц., Кузьмініх Валерій Олександрович, vakuz0202@gmail.com
Розміщення курсу	<a href="https://campus.kpi.ua/tutor/">https://campus.kpi.ua/tutor/</a>

#### Програма навчальної дисципліни

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

Даний курс знайомить студентів із сучасними методами та поглядами на вирішення різноманітних задач, що пов'язані з пошуком екстремальних рішень для багатьох галузей науки та техніки, та особливостями використання для їх вирішення програмних засобів.

**Метою** освоєння дисципліни є ґрунтовне ознайомлення студентів з основними типами задач та методів дослідження операцій та навчання методам їх вирішення із застосування програмних засобів; знайомство з тенденціями в застосуванні сучасних інформаційних систем для вирішення оптимізаційних завдань; забезпечення теоретичних знань та практичних навичок використання комп'ютерної технології при реалізації методів дослідження операцій і методів оптимізації (в тому числі, вміти користуватися спеціалізованими математичними пакетами і графічно представляти результати розрахунків).

**Предметом** дисципліни основні сучасні методології і методи пошуку оптимальних рішень, що використовуються при побудові інформаційних програмно-технічних систем призначених для пошуку оптимальних рішень для різноманітних (технічних, економічних, аналітичних та інших) за своєю природою та призначенням об'єктів управління, а також при ідентифікації моделей об'єктів та вирішення задач параметричного синтезу в задачах автоматизації проектування.

**Загальні компетентності (ЗК):**

1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу( ЗК 1).
2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК 2).

#### **Фахові компетентності (ФК):**

1. Здатність застосовувати фундаментальні і міждисциплінарні знання для успішного розв'язання завдань інженерії програмного забезпечення (ФК 8).
2. Здатність до алгоритмічного та логічного мислення(ФК 14).
3. Здатність реалізовувати застосунки з використанням концепцій штучного інтелекту, інженерії даних та машинного навчання, зокрема для кібер-фізичних та енергетичних систем(ФК 18).
4. Здатність моделювати процеси в кібер-фізичних та енергетичних системах(ФК-22).

#### **Програмні результати навчання(ПРН).**

1. Знати і застосовувати відповідні математичні поняття, методи доменного, системного і об'єктно-орієнтованого аналізу та математичного моделювання для розробки програмного забезпечення(ПРН 5).
2. Знати і вміти використовувати фундаментальний математичний інструментарій при побудові алгоритмів та розробленні сучасного програмного забезпечення (ПРН 25).
3. Вміти моделювати процеси в кібер-фізичних та енергетичних системах. (ПРН-35).

#### **2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)**

У схемі навчання зазначена дисципліна розміщена на 3 курсі, коли студенти вже прослухали базові математичні курси, а також “Комп'ютерна дискретна математика”, “Математичний аналіз. Частина 1. Диференціальне числення”, “Математичний аналіз. Частина 2. Інтегральне числення”, “Лінійна алгебра та аналітична геометрія”, “Теорія ймовірностей” та набули певного досвіду в програмуванні і можуть виконати складні лабораторні роботи. Викладений матеріал може бути використаний при вивченні дисциплін “Методологія розробки інтелектуальних комп'ютерних програм”, “Побудова масштабованих систем обробки даних у реальному часі”, які подаються в наступних семестрах. Матеріал курсу є основою для виконання курсових робіт з дисциплін, де необхідно одержувати оптимальні параметри розроблюваних об'єктів та процесів.

#### **3. Зміст навчальної дисципліни**

Тема 1. Задачі пошукової оптимізації та методи їх вирішення

Тема 2. Базові одномірні методи та їх використання у інших методах.

Тема 3. Методи нульового порядку.

Тема 4. Методи першого порядку

Тема 5. Методи спряжених градієнтів

Тема 6. Методи умовної оптимізації.

Тема 7. Методи оптимізації в задачах великої розмірності

Тема 8. Методи стохастичної оптимізації

#### **4. Навчальні матеріали та ресурси**

##### **Базові**

1. Кузьмич В.О., Молодід О. К., Тараненко Р. А. Методи дослідження операцій // Навч. посіб.– Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 77с.  
[https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/37844/1/Method\\_doslid\\_oper.pdf](https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/37844/1/Method_doslid_oper.pdf)
2. Молодід О.К. Математичні методи оптимізації: навч. посіб. / О.К. Молодід. — К.: НТУУ «КПІ», 2012. — 204 с.

3. Зайченко Ю.П. Дослідження операцій. – Київ: ЗАТ “Віпол”, 2006. – 816 с.
4. Лавров Є. А. Математичні методи дослідження операцій : підручник / Є. А. Лавров, Л. П. Перхун, В. В. Шендрик та ін. – Суми : Сумський державний університет, 2017. – 212 с. ISBN 978-966-657-730-9
5. Григорків В.С. Оптимізаційні методи та моделі : підручник / В.С. Григорків, М.В. Григорків. – Чернівці : Чернівецький нац. ун-т, 2016. – 400 с.
6. Василенко, Д. О. Математичні методи оптимізації. Практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою «Інформаційна та комунікаційна радіоінженерія» за спеціальністю 172 «Електронні комунікації та радіотехніка» / Д. О. Василенко ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові данні (1 файл: 977,2 КБ). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 38 с. – Назва з екрана. - Доступ: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/57062>
7. Оптимізаційні методи та моделі : метод. реком. з вивч. дисципліни та виконання контрол. робіт здобувачами вищ. освіти / О. В. Шебаніна та ін. Миколаїв : МНАУ, 2017. 107 с.

Добавлено примечание (IVK1):

#### Додаткова

1. Катренко А. В. Дослідження операцій : підруч. Львів : Магнолія Плюс, 2015. 352 с.
2. Воронков О. О. Оптимізаційні методи і моделі : конспект лекцій з курсу. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2016. 110 с.
3. Дослідження операцій в економіці : підруч. / О. І. Черняк та ін. ; ред. О. І. Черняка. Миколаїв : МНАУ, 2020. 398 с

### Навчальний контент

#### 5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань
	Тема 1. Задачі пошукової оптимізації та методи їх вирішення
1	Лекція 1. Загальна постановка задачі. Типи задач та методи їх вирішення. Математичні методи вирішення. Класифікація методів пошукової оптимізації.
2	Лекція 2. Умови наявності екстремуму. Загальні основи пошукових методів оптимізації. Особливості використання методів пошукової оптимізації.
	Тема 2. Базові одномірні методи та їх використання у інших методах.
3	Лекція 3. Методи одномірної оптимізації: шагові методи, золотого ділення, дихотомії. Класифікація методів одномірної оптимізації .
4	Лекція 4. Методи одномірної оптимізації: метод Фібоначі, метод парабол. Порівняння методів одномірної оптимізації .
	Тема 3. Методи нульового порядку.
5	Лекція 5. Прямі пошукові методи нульового порядку. Використання одномірних методів у багатомірних задачах. Методи покоординатного спуску. Залежність використання методів від кількості параметрів.
6	Лекція 6. Метод Хука-Дживса. Метод симплекса. Метод Нелдера-Міда. Геометрична інтерпретація Метод Нелдера-Міда .
7	Лекція 7. Метод Пауела. Метод Розенброка. Метод Пауела. Метод Розенброка. Ортогоналізація довільного базису .
	Тема 4. Методи першого та другого порядку
8	Лекція 8. Градієнтні методи з постійним та змінним кроком. Особливості вибору кроку у методі.

9	Лекція 9. Метод по координатного спуску. Метод найшвидшого спуску. Тестові функції для градієнтних методів.
10	Лекція 10. Градієнтні методи другого порядку. Метод Гауса-Зейделя .
	Тема 5. Методи спряжених градієнтів
11	Лекція 11. Методи сполучених градієнтів. Метод Флетчера-Рівса та модифікація. Модифікації методів Ньютона .
12	Лекція 12. Методи сполучених градієнтів. Метод Ньютона та модифікації, метод Ньютона-Рафсону. Модифікації методів Ньютона .
	Тема 6. Методи умовної оптимізації.
13	Лекція 13. Врахування умов в методах безумовної оптимізації. Методи врахування граничних умов. Особливості врахування умов.
14	Лекція 14. Метод множників Лагранжа для знаходження умовного екстремуму. Сідлова точка методу множників Лагранжа .
15	Лекція 15. Методи оптимізації в задачах великої розмірності
16	Лекція 16. Методи оптимізації в задачах великої розмірності та методи багатокритеріальної оптимізації. Метод декомпозиції Данціґа-Вульфа. Декомпозиція Корнаї-Ліптака. Декомпозиція на основі розділення змінних .
	Тема 7. Методи стохастичної оптимізації
17	Лекція 17. Методи одномірної стохастичної оптимізації. Використання нормального розподілу у пошукових стохастичних методах. Генерація псевдо ймовірних величин. Генерація величин з довільної функцією щільності ймовірності. СРС. Адаптація у методах стохастичної оптимізації.
18	Лекція 18. Вирішення задач глобальної багатомірної оптимізації стохастичними методами. Адаптивні стохастичні методи багатомірної оптимізації. Стохастичні методи багатокритеріальної оптимізації.

### Практичні заняття

№	Назва теми заняття та перелік основних питань
1	Одномірна оптимізація. Методи перебору. <u>Основні питання:</u> теоретичні основи методу перебору, побудова блок-схеми алгоритму методу, особливості його програмної реалізації, області застосування методу та його ефективність.
2	Одномірна оптимізація. Методи послідовного уточнення. <u>Основні питання:</u> теоретичні основи методу послідовного уточнення, побудова блок-схеми алгоритму методу, особливості його програмної реалізації, області застосування методу та його ефективність у порівнянні з методом перебору.
3	Методи безумовної мінімізації функції багатьох змінних. Метод циклічного покоординатного спуску. <u>Основні питання:</u> теоретичні основи методу циклічного покоординатного спуску, побудова блок-схеми алгоритму методу, особливості його програмної реалізації, області застосування методу та його ефективність.
4	Методи безумовної мінімізації функції багатьох змінних. Метод Хука -Дживса. <u>Основні питання:</u> теоретичні основи методу Хука -Дживса, побудова блок-схеми алгоритму методу, особливості його програмної реалізації, області застосування методу та його ефективність у порівнянні з методом циклічного покоординатного спуску.
5	Методи безумовної мінімізації функції багатьох змінних. Метод Розенброка.

	<u>Основні питання:</u> теоретичні основи методу Розенброка, побудова блок-схеми алгоритму методу, особливості його програмної реалізації, області застосування методу та його ефективність у порівнянні з методом циклічного покоординатного спуску та методом Хука -Дживса.
6	Методи безумовної мінімізації функції багатьох змінних. Градієнтні методи багатомірної оптимізації. <u>Основні питання:</u> теоретичні основи градієнтного методу, різновиди градієнтних методів, побудова блок-схеми алгоритму методу, особливості визначення оцінок градієнту , точність оцінок та її вплив на результати роботи методів, особливості програмної реалізації оцінок, області застосування градієнтних методів та їх ефективність.
7	Методи безумовної мінімізації функції багатьох змінних. Метод найшвидшого спуску. <u>Основні питання:</u> теоретичні основи градієнтного методу найшвидшого спуску, побудова блок-схеми алгоритму методу, особливості його програмної реалізації, області застосування методу та його ефективність у порівнянні з методом циклічного покоординатного спуску, методом Хука -Дживса та методом Розенброка.
8	Стохастичні методи оптимізації. <u>Основні питання:</u> теоретичні основи стохастичних методів, різновиди методів стохастичних методів, області застосування стохастичних методів, особливості побудови алгоритмів, використання псевдо випадкових величин, дії над випадковими величинами, використання функції щільності ймовірності.
9	Методи випадкового пошуку. <u>Основні питання:</u> теоретичні основи методу випадкового пошуку, побудова блок-схеми алгоритму методу, особливості його програмної реалізації, області застосування методу та його ефективність для задач різної розмірності.

## 6. Самостійна робота студента/аспіранта

№ з/п	Назви тем і питань, що виносяться на самостійне опрацювання
	Тема 1. Задачі пошукової оптимізації та методи їх вирішення
1	Класифікація методів пошукової оптимізації.
2	Особливості використання методів пошукової оптимізації.
	Тема 2. Базові одномірні методи та їх використання у інших методах.
3	Класифікація методів одновимірної оптимізації .
4	Порівняння методів одновимірної оптимізації .
	Тема 3. Методи нульового порядку.
5	Залежність використання методів від кількості параметрів..
6	Геометрична інтерпретація Метод Нелдера-Міда .
7	Ортогоналізація довільного базису .
	Тема 4. Методи першого та другого порядку
8	Особливості вибору кроку у методі.
9	Тестові функції для градієнтних методів.
10	Метод Гауса-Зейделя .
	Тема 5. Методи спряжених градієнтів
11	Метод Ньютона.

12	Модифікації методів Ньютону .
	Тема 6. Методи умовної оптимізації.
13	Особливості врахування умов.
14	Сідлова точка методу множників Лагранжа .
15	Тема 7. Методи оптимізації в задачах великої розмірності
16	
	Тема 8. Методи стохастичної оптимізації
17	Адаптація у методах стохастичної оптимізації.
18	Стохастичні методи багатокритеріальної оптимізації.
	<i>Питання, що виносяться на самостійне опрацювання студентів, контролюються шляхом їх включення до переліку питань модульних контрольних робіт.</i>

№ з/п	Назва лабораторної роботи
1.1	Одномірна оптимізація. Методи перебору та послідовного уточнення. Мета роботи – практично оволодіти основними підходами та навичками у розробці алгоритмів і програмних застосунків для одномірних методів перебору та послідовного уточнення, провести порівняння їх ефективності.
1.2	Одномірна оптимізація. Методи дихотомії та золотого перерізу. Мета роботи – практично оволодіти основними підходами та навичками у розробці алгоритмів і програмних застосунків для одномірних методів дихотомії та золотого перерізу, провести порівняння їх ефективності.
2	Методи безумовної мінімізації функції багатьох змінних. Метод циклічного покоординатного спуску. Мета роботи – практично оволодіти основними підходами та навичками у розробці алгоритмів і програмних застосунків для методу циклічного покоординатного спуску безумовної мінімізації функції багатьох змінних, провести аналіз ефективності.
3	Методи безумовної мінімізації функції багатьох змінних. Метод Хука -Дживса. Мета роботи – практично оволодіти основними підходами та навичками у розробці алгоритмів і програмних застосунків для методу Хука-Дживса безумовної мінімізації функції багатьох змінних, провести аналіз ефективності у порівнянні з методом циклічного покоординатного спуску .
4	Методи безумовної мінімізації функції багатьох змінних. Метод Розенброка. Мета роботи – практично оволодіти основними підходами та навичками у розробці алгоритмів і програмних застосунків для методу Розенброка безумовної мінімізації функції багатьох змінних, провести аналіз ефективності у порівнянні з методом циклічного покоординатного спуску та методом Хука-Дживса.
5	Методи безумовної мінімізації функції багатьох змінних. Градієнтні методи багатомірної оптимізації. Метод найшвидшого спуску. Мета роботи – практично оволодіти основними підходами та навичками у розробці алгоритмів і програмних застосунків для градієнтного методу найшвидшого спуску багатомірної безумовної мінімізації функції багатьох змінних, провести аналіз ефективності у

	порівнянні з методом циклічного покоординатного спуску, методом Хука-Дживса та методом Розенброка.

## Політика та контроль

### 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

#### Відвідування занять

Обов'язкове відвідування лабораторних занять, тому що на них проводяться контрольні заходи з оцінок за якими формується рейтингова оцінка.

#### Пропущені контрольні заходи

У навантаженні викладачів відсутні години для прийому заборгованостей студентів, але з доброї волі викладача, якщо студенти одержали оцінки з низькими балами при захисті лабораторної роботи або на контрольних роботах вони мають спробу для їх підвищення у кінці семестру. Час і місце проведення додаткових занять визначає викладач.

#### Академічна доброчесність

Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

#### Норми етичної поведінки

Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

#### Процедура оскарження результатів контрольних заходів

Студенти мають можливість підняти будь-яке питання, яке стосується процедури контрольних заходів та очікувати, що воно буде розглянуто згідно із наперед визначеними процедурами

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

Для перевірки засвоєння студентами знань, отриманих при прослуховуванні лекцій, виконанні лабораторних робіт та при самостійній роботі у відповідності до учбового плану проводиться модульна контрольна робота. Завдання модульної контрольної роботи носять переважно теоретичний характер. Модульна контрольна робота проводиться двічі за першим та другим розділом кредитного модуля. Робота проводиться у письмовій формі та складається з теоретичних питань.

Основні цілі контрольних робіт:

- перевірка якості засвоєння поточного навчального матеріалу з лекцій дисципліни та самостійної роботи студентів з рекомендованої літератури;
- виявлення студентів з недостатнім рівнем засвоєння навчального матеріалу, з'ясування причин їх відставання та надання їм необхідної допомоги для підвищення успішності.

Оцінка з дисципліни виставляється за багатобальною системою, з подальшим перерахуванням у традиційну.

Максимальна кількість балів з дисципліни дорівнює 100.

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

- 1) виконання та захист лабораторних робіт;

2) модульну контрольну роботу;

3) відповіді на заліку.

Крім того, діє система штрафних та заохочувальних балів за:

- неформальний підхід до виконання лабораторних робіт та застосування оригінальних програмних рішень + 1-3 бали

- несвоєчасна здача лабораторних робіт без поважної причини - 1-3 бали

Нижче у таблицях надано інформацію щодо відсоткового внеску видів контролю у семестровий рейтинг.

Види семестрового контролю	Відсотковий внесок видів контролю у семестровий рейтинг
лаб. робота №1,1,1.2	5+5=10
лаб. робота №2	10
лаб. робота №3	10
лаб. робота №4	10
лаб. робота №5	10
модульна контрольна робота 1,2	5+5=10
Залік	40
Разом	100%

*Розрахунок шкали (R) рейтингу:*

Сума вагових балів контрольних заходів (лабораторні роботи, реферат, модульна контрольна робота та екзамен) протягом семестру складає:

$$R=10+10+10+10+10+10+40=100 \text{ балів}$$

Таким чином, рейтингова шкала з кредитного модуля складає 100 балів.

Необхідною умовою допуску до екзамену є зарахування всіх лабораторних робіт, а також стартовий рейтинг не менше 35 балів. Для отримання студентом відповідних оцінок (ECTS та традиційних) його рейтингова оцінка RD переводиться згідно з таблицею:

Бали (RD)	Традиційна оцінка
$\geq 95$	Відмінно
85...94	Дуже добре
75...84	Добре
65...74	Задовільно
60...64	Достатньо
$RD \leq 60$	Незадовільно
$RD < 40$ або не виконані інші умови допуску до екзамену	Не допущений

## 9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Питання семестрового контролю.

1. Класифікація задач оптимізації.
2. Сідлова точка мінімуму функції (теорема)
3. Типи задач оптимізації.
4. Загальний вигляд задачі оптимізації.
5. Сідлова точка функції Лагранжа.



6. Математична постановка задачі оптимізації.
7. Функція Лагранжа.
8. Точка локального і глобального мінімуму.
9. Порядок алгоритму оптимізації. Приклади методів.
10. Теорема Вейерштрасса.
11. Пасивні та активні алгоритми оптимізації.
12. Види збіжності методів оптимізації.
13. Необхідні умови оптимальності.
14. Достатні умови оптимальності.
15. Умови зупинки методу.
16. Похідна за напрямком.
17. Умови Куна-Такера.
18. Умова Слейтера.
19. Метод квадратичної апроксимації (загальна постановка). Алгоритм методу Хука-Дживса.
20. Метод Паулло. Умова Ліпшиця.
21. Метод квадратична апроксимація.
22. Методи на основі пошуку стаціонарної точки критерію оптимальності.
23. Метод хорд (загальна постановка).
24. Метод дотичних (загальна постановка).
25. Умова Ліпшиця. Звуження інтервалу невизначеності для функцій відповідних умові Ліпшиця.
26. Метод Хука - Дживса. Облік обмежень в методі Хука - Дживса.
27. Метод Розенброка. Двовимірна ортогоналізації.
28. Алгоритм Грама-Шмідта (побудова ортогональної системи)
30. Симплексний метод Нелдера-Міда.
31. Операції методу Нелдера-Міда.
32. Метод найшвидшого спуску
33. Метод сполучених градієнтів
34. Чисельна оцінка похідних
35. Метод штрафних функцій
36. Метод бар'єрних функцій
37. Методи випадкового пошуку
38. Простий випадковий пошук
39. Генерація псевдовипадкових величин.
40. Алгоритм парної проби.
41. Алгоритм найкращою проби
42. Метод статистичного градієнта
43. Алгоритм з напрямним гіперквадратом
44. Алгоритми глобального випадкового пошуку

**Робочу програму навчальної дисципліни (силабус): ДОСЛІДЖЕННЯ ОПЕРАЦІЙ.**

**Складено** доцентом кафедри ІІЗЕ, к.т.н., доц. Кузьмініх В.О.

**Ухвалено** кафедрою ІІЗЕ (протокол № 28 від 15.05.2023\_)

**Погоджено** Методичною комісією ННІАТЕ КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 9 від 26.05.2023 р.)