



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

Емблема
кафедри (за
наявності)

ММСА

Математичні методи оптимізації Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (освітньо-науковий)</i>
Галузь знань	<i>10 Природничі науки</i>
Спеціальність	<i>105 Прикладна фізика та наноматеріали</i>
Освітня програма	<i>Прикладна фізика</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>6 курс, 1 семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>Загальна кількість: (5 кр.) 150 год. Лекційних занять: 36 год. Практичних занять: 18 год. Самостійна робота здобувачів: 81 год.</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік, поточний контроль, модульна контрольна робота, індивідуальні завдання</i>
Розклад занять	<i>http://ipt.kpi.ua/navchalnij-protses</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: професор, д.т.н., професор Данилов Валерій Якович (danilov1950@ukr.net). Практика: , д.т.н., професор Данилов Валерій Якович (danilov1950@ukr.net).</i>
Розміщення курсу	<i>Посилання на дистанційний ресурс (Google classroom)</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Курс «Математичні методи оптимізації» є базовим предметом в підготовці спеціалістів в технічному університеті. У ньому вивчаються класичні і сучасні методи для розв'язування скінченновимірних задач безумовної та умовної оптимізації. Послідовно вивчаються особливості застосування цих методів для розв'язування сучасних прикладних задач в тому числі таких, які є не опуклими і негладкими.

Метою навчальної дисципліни є вироблення навичок для підбору потрібного методу для розв'язання конкретної задачі з врахуванням її особливостей. Звертається увага на нові методи оптимізації, які використовуються в сучасному машинному навчанні та на методи штучного інтелекту.

Об'єктом дослідження в основному є гладкі задачі скінченновимірного математичного програмування та окремі задачі з використанням негладкого аналізу.

Після засвоєння навчальної дисципліни студенти мають продемонструвати такі результати навчання:

знання: основ методології; принципів оптимізації; розв'язування опуклих та неопуклих задач безумовної та умовної оптимізації; основних числових методів та алгоритмів нульового

порядку; методів штучного інтелекту; методів першого та другого порядку; теорії опуклих множин і функцій; елементів оптимізації негладких опуклих задач; теорем, що гарантують сильну та слабку збіжність відповідних числових алгоритмів;

уміння: вибирати та застосовувати для конкретної задачі чисельні методи оптимізації; створювати нові ефективні алгоритми для розв'язування сучасних багатовимірних задач з мультимодальними цільовими функціями; аналізувати розв'язки, отримані різними методами та алгоритмами і вибирати ефективніший за відповідними параметрами для складних прикладних задач оптимізації;

досвід: розв'язання складних практичних задач; вільно орієнтуватися на якісному й кількісному рівні застосування сучасних методів в оптимізаційних задачах в нових фізичних явищах з надвеликою кількістю змінних; набуття навичок практичного використання засвоєних знань у подальшому навчанні та професійній діяльності.

Згідно з вимогами освітньо-наукової програми студенти після засвоєння навчальної дисципліни мають продемонструвати такі результати навчання:

Загальні компетентності СВО

ЗК 1: Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК 2: Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК 6: Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.

Фахові компетентності СВО

ФК 2: Здатність брати участь у плануванні і виконанні експериментів та лабораторних досліджень оптимальних властивостей фізичних систем, фізичних явищ і процесів, обробленні й презентації їхніх результатів.

ФК 3: Здатність брати участь у виготовленні експериментальних зразків, інших об'єктів дослідження в частині оптимізації.

Програмні результати навчання

ПРН 1: Знати і розуміти сучасні методи оптимізації на рівні, достатньому для розв'язання складних спеціалізованих задач і практичних проблем прикладної фізики.

ПРН 4: Застосовувати методи оптимізації для дослідження фізичних явищ, розробки приладів і наукоємних технологій.

ПРН 14: Обирати та використовувати методи та засоби дослідження оптимізації структури, складу та речовин і матеріалів.

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

Для засвоєння матеріалу курсу «Математичні методи оптимізації» і його використання магістри повинні знати курси з фізики та математики:

1. Математичний аналіз;
2. Алгебра і геометрія;
3. Механіка.
4. Термодинаміка і молекулярна фізика.
5. Електрика та магнетизм.

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Методи одновимірної оптимізації.

- Тема 1.1. Методи Фібоначі.*
- Тема 1.2. Метод золотого перерізу .*
- Тема 1.3. Методи глобального пошуку .*
- Тема 1.4. Адаптивні методи .*

Розділ 2. Методи оптимізації диференційованих функцій в задачах без обмежень .

- Тема 2.1. Аналітичні методи.*
- Тема 2.2. Градієнтні методи.*
- Тема 2.3. Методи типу Ньютона .*
- Тема 2.4. Методи спряжених градієнтів.*
- Тема 2.5. Методи спряжених напрямків .*

Розділ 3. Методи оптимізації недиференційованих функцій і відшукування сідлових точок в задачах без обмежень.

- Тема 3.1. Означення узагальненого градієнта (субградієнта).*
- Тема 3.2. Опуклі функції та їх властивості.*
- Тема 3.3. Методи узагальненого градієнтного спуску.*
- Тема 3.4. Методи градієнтного типу з розтягненням простору.*
- Тема 3.5. Методи локального випадкового пошуку .*
- Тема 3.6. Методи послідовних наближень для розв'язування дискретних мінімаксних задач .*

Розділ 4. Алгоритми прямого пошуку. Методи штучного інтелекту.

- Тема 4.1. Метод Хука-Дживса.*
- Тема 4.2. Метод симплексів.*
- Тема 4.3. Генетичні алгоритми.*
- Тема 4.4. Імунний алгоритм.*
- Тема 4.5. Роеві алгоритми.*

Розділ 5. Методи розв'язування задач нелінійного програмування .

- Тема 5.1. Загальна постановка задачі. Умови Каруша-Куна-Таккера.*
- Тема 5.2. Загальний метод штрафних функцій.*
- Тема 5.3. Методи зовнішніх штрафних функцій.*
- Тема 5.4. Методи внутрішніх штрафних функцій*

Розділ 6. Чисельні методи розв'язування задач нелінійного програмування

- Тема 6.1. Методи проекції градієнта.*
- Тема 6.2. Методи можливих напрямків.*
- Тема 6.3. Методи лінеаризації .*
- Тема 6.4. Методи, що використовують функцію Лагранжа .*
- Тема 6.5. Методи проекції узагальнених градієнтів.*
- Тема 6.6. Методи умовного градієнта.*
- Тема 6.7. Методи спряжених градієнтів.*

4. Навчальні матеріали та ресурси

Нижче наводиться перелік навчальних матеріалів та ресурсів для засвоєння матеріалу, який розглядається на лекційних заняттях та для додаткового вивчення.

Підручники та посібники

1. А. В.Аттетков, С.В.Галкин, В.С. Зарубин. *Методы оптимизации*. М.: Изд ,МГТУ им. Н.Е.Баумана, 2003.-440с.
2. І. В.Бейко, П.М.Зінько, О.Г.Наконечний. *Задачі, методи та алгоритми оптимізації*. Навчальний посібник. К.: Вид. Київський університет. 2012.-799с.
3. Ф.П. Васильев . *Методы оптимизации*. Н.:Факториал Пресс, 2002.-990 с.
4. В. Я. Данилов, П.М.Зінько . *Числові алгоритми оптимізації*. Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів.-Київ.: Вид.КПІ, електронне видання, 2013.-312с.
5. Л. А. Гладков, В.В.Курейчик, В.М.Курейчик. *Генетические алгоритмы*. М.: Физматлит. 2006.-320с.
6. А. Ф.Измаилов,М.В.Солодов. *Численные методы оптимизации*. Учебное пособие.- М.:Физматлит, 2005.-304с.
7. Н.М.Кораблев, И.В.Сорокина. *Иммунные вычислительные системы*.: Учебное пособие.- Харьков: ХНУРЭ, 2017.-143 с.

Задачник

1. *Сборник задач по математике. Часть 3*. Под.ред. А.В.Ефимова и А.С.Поспелова. М.: Физматлит. 2009.-544с.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

№	Назва теми лекції та перелік основних питань
1	Методи Фібоначчі. Основний алгоритм. Модифікація методу Фібоначчі . Метод золотого перерізу.
2	Методи глобального пошуку. Глобальний пошук. Рандомізований метод глобального пошуку. Адаптивні методи. Метод Кіфера-Вольфовиця. Простий перебір
3	Аналітичні методи. Необхідна умова локальної оптимальності. Достатня умова локальної оптимальності.
4	Гرادієнтні методи. Метод найшвидшого спуску. Модифікований метод найшвидшого спуску. Основний варіант градієнтного методу . Модифікація основного варіанту градієнтного методу (метод.
5	Методи типу Ньютона . Метод Ньютона-Канторовича. Узагальнений метод Ньютона-Канторовича.
6	Методи спряжених градієнтів . Загальна схема алгоритмів спряжених градієнтів . Метод спряжених градієнтів з відновленням . Методи спряжених напрямків. Метод спряжених напрямків із відновленням матриці. Метод спряжених напрямків без відновлення матриці. Мінімізація квадратичних функцій за допомогою методу спряжених напрямків.
7	Означення узагальненого градієнта (субградієнта). Опуклі функції та їх властивості . Методи узагальненого градієнтного спуску. Метод зі сталим кроковим множником. Основний метод . Модифікація основного методу .
8	Методи локального випадкового пошуку. Метод локального випадкового пошуку з парною пробєю. Метод локального випадкового пошуку з поверненням при невдалому кроці. Методи послідовних наближень для розв'язування дискретних мінімаксних задач. Перший метод послідовних наближень. Модифікація першого методу послідовних наближень.
9	Методи нульового порядку. Метод Хука-Дживса. Метод Нелдера-Міда.
10	Методи штучного інтелекту. Генетичний алгоритм. Імунний алгоритм. Роевий алгоритм.
11.	Загальна задача нелінійного програмування. Теорема Каруша-Куна-Таккера.

12.	Загальний метод штрафних функцій. функцій	Методи зовнішніх штрафних
13.	Методи внутрішніх штрафних функцій. Загальна схема. Реалізовна схема з процедурою переривання.	
14.	Методи проєкції градієнта . Загальний метод . Метод проєкції градієнта для мінімізації функції за лінійних обмежень . Гібридний метод проєкції градієнта для мінімізації функції за нелінійних обмежень.	
15.	Методи можливих напрямків. . Методи можливих напрямків розв'язування задач мінімізації з обмеженнями типу нерівностей . Методи можливих напрямків розв'язування задач мінімізації з обмеженнями змішаного типу . Метод можливих напрямків із квадратичним пошуком.	
16.	Методи, що використовують функцію Лагранжа . Аналітичний метод. Градієнтний метод для задач із обмеженнями типу нерівностей . Градієнтний метод для задач з обмеженнями типу рівностей.	
17.	Методи умовного градієнта . Реалізовний метод умовного градієнта. Алгоритм Франка-Вульфа.	
18.	Знаходження сідловин точок. Градієнтний метод знаходження сілових точок із постійним кроковим множником.	

Практичні заняття

№	Назва теми заняття
1	Методи одновимірної оптимізації. Методи Фібоначчі. Методи глобального пошуку. Задачник [1].
2	Основний варіант градієнтного методу. Модифікації градієнтного методу. Задачник [1].
3	Методи типу Ньютона. Методи спряжених градієнтів. Методи спряжених напрямків. Задачник [1].
4	Методи оптимізації недиференційованих функцій. Метод узагальненого градієнту та його модифікації. Методи випадкового локального пошуку. Задачник [1].

5	<i>Алгоритми нульового порядку. Метод Хука-Джівса і метод Нелдера-Міда. Задачник [1].</i>
6	<i>Узагальнений метод штрафних функцій. Методи зовнішніх та внутрішніх штрафних функцій. Методи, що використовують функцію Лагранжа. Задачник [1].</i>
7	<i>Методи можливих напрямків для задач з обмеженнями змішаного типу. Задачник [1].</i>
8	<i>Методи проекції градієнтів. Загальний метод. Гібридний метод. Задачник [1].</i>
9	<i>Методи умовного градієнту. Алгоритм Франка-Вульфа. Задачник [1].</i>

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота магістрів-науковців

Самостійна робота магістрів-науковців має на меті розвиток творчих здібностей та активізація їх розумової діяльності, формування потреби безперервного самостійного поповнення знань та розвиток морально-вольових зусиль. Завданням самостійної роботи магістрів-науковців є навчити магістрів-науковців самостійно працювати з літературою, творчо сприймати навчальний матеріал і осмислювати його та формування навичок до щоденної роботи з метою одержання та узагальнення знань, умінь і навичок.

На самостійну роботу відводяться наступні види завдань:

- обробка і осмислення інформації, отриманої безпосередньо на заняттях;*
- робота з відповідними підручниками та особистим конспектом лекцій;*
- виконання підготовчої роботи до практичних занять та до написання МКР;*
- підготовка до складання семестрового контролю.*

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Відвідування занять

Відвідування лекцій, а також відсутність на них, не оцінюється. Однак, магістрам рекомендується відвідувати заняття, оскільки на них викладається теоретичний матеріал та розвиваються навички, необхідні для успішного складання заліку. В разі великої кількості пропусків магістр може бути недопущений до заліку.

Пропущені контрольні заходи

Результат модульної контрольної роботи для магістра, який не з'явився на контрольний захід, є нульовим. У такому разі, магістр має можливість написати модульну контрольну роботу, але максимальний бал за неї буде дорівнювати 50 % від загальної кількості балів. Повторне написання модульної контрольної роботи не допускається.

Календарний рубіжний контроль

Проміжна атестація студентів (далі — атестація) є календарним рубіжним контролем. Метою проведення атестації є підвищення якості навчання студентів та моніторинг

виконання графіка освітнього процесу магістрами. (Рейтингові системи оцінювання результатів навчання: Рекомендації до розроблення і застосування. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. 20 с.)

Термін атестації	Перша атестація 8-й тиждень	Друга атестація 14-й тиждень
Критерій: поточний контроль	> 20 балів	> 30 балів

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 магістрів 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

Магістри мають можливість підняти будь-яке питання, яке стосується процедури контрольних заходів та очікувати, що воно буде розглянуто згідно із наперед визначеними процедурами (згідно «Положення про систему забезпечення якості вищої освіти у Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», «Положення про організацію навчального процесу»).

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

Видами контролю успішності засвоєння матеріалу дисципліни є модульна контрольна робота (МКР) та семестровий контроль.

Активність на практичних заняттях

На практичних заняттях за кожну самостійно розв'язану біля дошки задачу дається до 1 бал. Конструктивна ідея або правильна відповідь з «місця»: 0.5 балів. Можливі і інші варіанти оцінки роботи на розсуд викладача, що веде практику, проте прикінцевий максимальний бал становить не більше 10.

З огляду на обмежену кількість виходів до дошки студенти зацікавлені у активній участі в роботі на практичних заняттях.

Модульна контрольна робота

Модульна контрольна робота проводиться після завершення першої частини курсу «Математичні методи оптимізації» проводиться протягом 2-х академічних годин на практичних заняттях. Вона складається з 2 задач і передбачає письмовий розв'язок задач, подібних до тих, що розглядались на практичних заняттях та під час виконання домашніх робіт.

Оцінюється за чіткими критеріями з позначенням коректної або некоректної відповіді, а також з коментарями, зауваженнями тощо. Критерії оцінювання модульної контрольної роботи не більше 15 балів наступні :

- максимальна кількість балів за кожне питання – повна правильна відповідь, 95% інформації, там де треба наведено рисунки, позначення, є письмовий коментар щодо базових понять та законів, які використовуються під час розв'язку задачі,
- 75% балів — розв'язок правильний, не всі умови попереднього пункту виконано,
- 60% балів — наведено основні базові поняття для розв'язку, розв'язок неправильний.
- списані відповіді, які студент не може пояснити, не зараховуються.

Умови допуску до заліку

В таблиці наведені умови допуску до семестрового контролю.

№	Обов'язкова умова допуску до заліку	Критерій
1	Поточний рейтинговий бал	≥ 40
2	МКР	виконана

Додаткові умови допуску до заліку, які заохочуються:

- Залучення при виконанні МКР та індивідуальних робіт нових програмних засобів та застосунків для візуалізації результатів обрахунків, оптимізації обрахунків, використання оригінальних методик (додаються заохочувальні бали).
- Активна самостійна робота над теоретичним матеріалом: пошук та використання інформаційних ресурсів, ілюстрацій, відео, медіа ресурсів, що доповнюють поточний курс (додаються заохочувальні бали).
- Позитивний результат першої та другої атестації.

Семестровий контроль (залік)

Семестровий рейтинг з дисципліни складається з рейтингових балів і не перевищує 100 балів. В семестрі здобувач може набрати 60 балів, а на заліку 40.

Залік приймається на останньому практичному занятті.

Система рейтингових балів задана в таблиці 1. При цьому індивідуальні завдання зараховується при умові їх захисту.

Для захисту надається не більше трьох спроб:

- Захист з першої спроби (30 балів)
- Захист з другої спроби (20 балів)
- Захист з третьої спроби (10 балів)

Таблиця 1. Система рейтингових балів.

№	Контрольний захід	Бал	Кількість	Всього
----------	--------------------------	------------	------------------	---------------

1	Модульна контрольна робота	15	1	15
2	Практичні заняття	15	1	15
3	Індивідуальні завдання	30	1	30
4	Залік	40	1	40

Відповідно сумарній кількості балів, що набрані в семестрі та на заліку здобувач отримує оцінку згідно таблиці 2.

Таблиця 2.

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль:

1. Методи одновимірної оптимізації
2. Методи Фібоначі
3. Метод золотого перерізу
4. Методи глобального пошуку
5. Метод Кіфера-Вольфовиця
6. Простий перебір
7. Необхідна умова локальної оптимальності
8. Достатня умова локальної оптимальності
9. Метод найшвидшого спуску
10. Модифікація основного варіанту градієнтного методу (метод з подрібненням кроку)
11. Методи типу Ньютона
12. Метод Ньютона-Канторовича
13. Методи спряжених градієнтів
14. Методи спряжених напрямків
15. Опуклі функції та їх властивості
16. Метод проєкції градієнта для мінімізації функції за лінійних обмежень
17. Гібридний метод проєкції градієнта для мінімізації функції за нелінійних обмежень
18. Загальний метод штрафних функцій
19. Методи зовнішніх штрафних функцій
20. Задачі з обмеженнями у вигляді нерівностей
21. Задачі з обмеженнями у вигляді рівностей
22. Методи внутрішніх штрафних функцій
23. Методи можливих напрямків

Складено: професор, д.т.н., професор Данилов Валерій Якович

Ухвалено: кафедрою фізики енергетичних систем (протокол №2 від 4 вересня 2020 р.)

Затверджено: Вченою радою ФТІ (протокол № 7/1 від 7 вересня 2020 р.)

D:\!!!!!! Данилов 2020-2021\3\Остаточний варіант СИЛАБУСУ для ФТІ\!!!
ФТІ_Акредитація_Данілов_Силабус_Мат_методи_Літвінова.rtf