

Міністерство освіти і науки України  
Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра математичного моделювання та штучного інтелекту (№ 304)  
(назва кафедри)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Керівник проектної групи

  
(підпис)

А. Г. Чухрай  
(ініціали та прізвище)

«30» 08 2019 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

«Теорія оптимальних систем»

(назва навчальної дисципліни)

Галузі знань: 12 «Інформаційні технології»

(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: 122 «Комп'ютерні науки»

(код та найменування спеціальності)

Освітня програма: Інтелектуальні системи та технології

Рівень вищої освіти: другий (магістерський)

Харків 2019

Робоча програма «Теорія оптимальних систем»  
для студентів за спеціальностями: 122 «Комп'ютерні науки»  
освітньою програмою: «Обчислювальний інтелект»  
«28» серпня 2019 р., – 11 с.

Розробник: Яковлев С. В., професор каф. 304, д.ф.-м.н., професор  
(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь та вчене звання)

  
(підпис)

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри математичного моделювання та штучного інтелекту  
(назва кафедри)

Протокол № 1 від «29» серпня 2019 р.

Завідувач кафедри д.т.н., проф  
(науковий ступінь та вчене звання)

  
(підпис)

А. Г. Чухрай  
(ініціали та прізвище)

## 1.Опис навчальної дисципліни

Найменування Показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни
		Денна форма навчання
Кількість кредитів – 6	Галузь знань <u>12 «Інформаційні технології»</u>	Вибіркова (цикл дисциплін самостійного вибору навчального закладу)
Модулів – 1		<b>Рік підготовки:</b>
Змістових модулів – 2		
Індивідуальне науково- дослідне завдання – розрахункова робота «Розробка оптимізаційних методів, алгоритмів та програмного забезпечення складних систем» за затвердженою на кафедрі тематикою.	Спеціальність <u>122 «Комп’ютерні науки»</u>	2019/2020
		<b>Семестр</b>
		10-й
		<b>Лекції</b>
		32 год.
Загальна кількість годин – 64/180		<b>Практичні</b>
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 2 самостійної роботи студента – 3,5	Освітня програма <u>Інтелектуальні системи та технології</u>	32 год.
		<b>Лабораторні</b>
		–
		<b>Самостійна робота</b>
		116 год.
	Рівень вищої освіти: другий (магістерський)	<b>Індивідуальна робота</b>
		Індивідуальне науково-дослідне завдання
		Вид контролю
		іспит

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить:  
для денної форми – 64/116

## 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

**Метою** викладання навчальної дисципліни «Теорія та методи оптимізації складних систем» є формування системи знань щодо застосування методів оптимізації складних систем та математичного моделювання, навчання роботі із сучасними програмними системами оптимізації систем.

**Завданнями** вивчення дисципліни «Теорія та методи оптимізації складних систем» є формування навичок аналізу та синтезу складних систем, реалізація фундаментальних принципів побудови оптимальних систем, засвоєння основних методів оптимізації структури та параметрів систем.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти повинні

**знати:**

- методи пошуку екстремуму цільових функцій;
- основні принципи побудови оптимальних систем;
- сучасні методи синтезу оптимальних систем;
- засоби практичної реалізації оптимальних систем;

**вміти:**

- застосовувати математичні методи оптимізації та побудови оптимальних систем для розв'язання практичних задач;
- обирати відповідні методи синтезу оптимальних систем;
- розробляти схеми практичної реалізації оптимальних законів;
- використовувати ЕОМ та сучасні програмні пакети для оптимізації та моделювання оптимальних систем;

**мати уявлення:**

- про історичний шлях та сучасний стан розвитку теорії оптимальних систем;
- про перспективи розвитку теорії оптимальних систем;
- про застосування обчислювальної техніки для розрахунку оптимальних систем.

## 3. Програма навчальної дисципліни «Теорія та методи оптимізації складних систем»

### Модуль 1. Сучасні методи математичного програмування.

Тема 1. Предмет вивчення та задачі дисципліни «Теорія та методи оптимізації складних систем». Історичні етапи розвитку теорії оптимальних систем. Основні поняття теорії оптимальних систем. Мета синтезу оптимальних систем. Критерії оптимальності. Постановка задачі синтезу оптимальних систем.

Тема 2. Опукле програмування.

Тема 3. Оптимізація недиференційованих функцій.

Тема 4. Методи багатоекстремальної оптимізації.

Тема 5. Методи випадкового пошуку.

Тема 6. Класифікація задач. Обчислювальна складність.

Тема 7. Детермінований локальний пошук.

Тема 8. Стохастичний локальний пошук.

Тема 9. Методи гілок і меж, гілок і відтинань. Методи послідовного аналізу варіантів. Метод околів, що звужуються.

Тема 10. Генетичні алгоритми.

Тема 11. Програмне забезпечення оптимальних систем. Визначення екстремуму з використанням MATLAB.

Тема 12. Можливості програмного пакету Optimization Toolbox. Характеристика методів оптимізації: дослідження функцій класичного аналізу, метод множників Лагранжа, лінійне, нелінійне та геометричне програмування. Алгоритми оптимізації. Список функцій Optimization Toolbox. Задачі та рівняння, які розв'язуються засобами Optimization Toolbox.

Тема 13. Формулювання задачі варіаційного обчислення. Необхідні умови екстремуму функціонала, рівняння Ейлера. Рівняння Ейлера – Пуасона.

Тема 14. Варіаційні задачі на умовний екстремум. Варіаційні задачі з обмеженнями у вигляді нерівностей.

Тема 15. Варіаційне обчислення в дискретному часі. Дискретизація варіаційної задачі. Дискретне рівняння Ейлера – Лагранжа.

Тема 16. Необхідні умови оптимальності. Сутність принципу максимуму. Гамільтоніан та необхідні умови оптимальності.

Тема 17. Принцип максимуму в задачі максимальної швидкодії.

Тема 18. Дискретний принцип максимуму.

Тема 19. Принцип максимуму та рівняння Ріккати. Аналітичне розв'язання рівняння Ріккати. Приклади синтезу оптимальних систем.

Модульний контроль.

#### 4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
	денна форма				
	у тому числі				усього
	л	п	лаб.	с.р.	
1	2	3	4	5	6
<b>Семестр 10</b>					
<b>Модуль 1</b>					
1. Предмет вивчення та задачі дисципліни «Теорія та методи оптимізації складних систем». Мета синтезу оптимальних систем. Критерії оптимальності. Постановка задачі синтезу оптимальних систем.	2				2
2. Опукле програмування.	2			4	6
3. Оптимізація недиференційованих функцій.	2			4	6
4. Методи багатоекстремальної оптимізації.	2			4	6
5. Методи випадкового пошуку.	2	2		4	8
6. Класифікація задач дискретної оптимізації. Обчислювальна складність.	2	2		4	8
7. Детермінований локальний пошук.	2	2		4	8
8. Стохастичний локальний пошук.	2			6	8
9. Методи гілок і меж, гілок і відтинань. Методи послідовного аналізу варіантів. Метод околів, що звужуються.	2	2		6	10
10. Генетичні алгоритми.	2	2		6	10
11. Програмне забезпечення оптимальних систем. Визначення екстремуму з використанням MATLAB.				6	6

<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
12. Можливості програмного пакету Optimization Toolbox. Характеристика методів оптимізації: дослідження функцій класичного аналізу, метод множників Лагранжа, лінійне, нелінійне та геометричне програмування. Алгоритми оптимізації. Список функцій Optimization Toolbox. Задачі та рівняння, які розв'язуються засобами Optimization Toolbox.		2		6	8
13. Формулювання задачі варіаційного обчислення. Необхідні умови екстремуму функціонала, рівняння Ейлера. Рівняння Ейлера – Пуасона.	2	2		6	10
14. Варіаційні задачі на умовний екстремум. Варіаційні задачі з обмеженнями у вигляді нерівностей.	2	2		6	10
15. Варіаційне обчислення в дискретному часі. Дискретизація варіаційної задачі. Дискретне рівняння Ейлера – Лагранжа.	2			6	8
16. Необхідні умови оптимальності. Сутність принципу максимуму. Гамільтоніан та необхідні умови оптимальності.	2	2		6	10
17. Принцип максимуму в задачі максимальної швидкодії.	2			6	8
18. Дискретний принцип максимуму.	2	2		6	10
19. Принцип максимуму та рівняння Ріккати. Аналітичне розв'язання рівняння Ріккати. Приклади синтезу оптимальних систем.		2		6	8
Модульний контроль				4	4
<b>Усього годин</b>	<b>32</b>	<b>22</b>		<b>100</b>	<b>154</b>
Розрахункова робота «Розробка оптимізаційних методів, алгоритмів та програмного забезпечення складних систем» за затвердженою на кафедрі тематикою.		<b>10</b>		<b>16</b>	<b>26</b>
<b>РАЗОМ З ДИСЦИПЛІНИ</b>	<b>32</b>	<b>32</b>		<b>116</b>	<b>180</b>

## 5. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1.	Опукле програмування. Характеристика непрямих методів оптимізації. Оптимізація цільових функцій класичними методами.	2
2.	Оптимізація недиференційованих функцій. Субградієнт. Субдиференціал. Принцип Лагранжа у недиференційованій формі.	2
3.	Методи багатоекстремальної оптимізації.	2
4.	Детермінований локальний пошук в задачах дискретної оптимізації.	2
5.	Стохастичний локальний пошук в задачах дискретної оптимізації.	2
6.	Метод гілок і меж. Метод гілок і відтинань.	2
7.	Методи послідовного аналізу варіантів. Метод околів, що звужуються.	2
8.	Генетичні алгоритми визначення глобального екстремуму цільових функцій. Блок-схема і принцип роботи генетичного алгоритму.	2
9.	Можливості програмного пакету Optimization Toolbox. Список функцій Optimization Toolbox.	2
10.	Характеристика методів оптимізації: дослідження функцій класичного аналізу, метод множників Лагранжа, метод варіаційного обчислення, динамічне програмування, принцип максимуму, лінійне, нелінійне та геометричне програмування. Алгоритми оптимізації. Задачі та рівняння, які розв'язуються засобами Optimization Toolbox.	2
11.	Визначення екстремуму з використанням MATLAB.	2
12.	Варіаційні задачі на умовний екстремум. Варіаційні задачі з обмеженнями у вигляді нерівностей.	2
13.	Варіаційне обчислення в дискретному часі. Дискретизація варіаційної задачі. Дискретне рівняння Ейлера – Лагранжа.	2
14.	Необхідні умови оптимальності. Сутність принципу максимуму. Гамільтоніан та необхідні умови оптимальності.	2
15.	Принцип максимуму в задачі максимальної швидкодії.	2
16.	Принцип максимуму та рівняння Ріккаті. Аналітичне розв'язання рівняння Ріккаті. Приклади синтезу оптимальних систем.	2
	<b>Разом</b>	<b>32</b>

## 6. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1.	Характеристика методів оптимізації цільових функцій. Класифікація методів оптимізації.	6
2.	Недиференційована оптимізація.	6
3.	Методи багато екстремальної оптимізації.	6
4.	Методи Монте Карло та алгоритми статистичної оптимізації.	6
5.	Смішані задачі цілочисельного програмування.	8
6.	Задачі комбінаторної оптимізації. Метод гілок і меж. Метод гілок і відтинань.	8
7.	Теорія Дарвіна і генетичні алгоритми. Генетичні алгоритми визначення глобального екстремуму цільових функцій	8
8.	Задачі синтезу оптимальних систем. Мета управління і критерії оптимальності. Постановка задачі оптимального керування. Методи теорії оптимального управління.	8
9.	Варіаційні методи теорії оптимальних систем. Рівняння Ейлера і його розв'язання. Рівняння Ейлера - Пуассона і його розв'язання.	8
10.	Принцип максимуму Л. С. Понтрягіна. Необхідні умови оптимальності.	8
11.	Принцип максимуму та рівняння Ріккаті. Синтез оптимальних систем.	8
12.	Оптимізація цільових функцій за допомогою спеціальних функцій MATLAB / Optimization Toolbox. Можливості Optimization Toolbox. Задачі та рівняння, які вирішуються в Optimization Toolbox. Форми обмежень.	8
13.	Спеціальні функції Optimization Toolbox і алгоритми оптимізації. Графічний інтерфейс Optimization Tool.	8
14.	Модульний контроль	4
15.	Розрахункова робота «Розробка оптимізаційних методів, алгоритмів та програмного забезпечення складних систем» за затвердженою на кафедрі тематикою.	16
<b>Разом</b>		<b>116</b>

## 7. Індивідуальні завдання

1. Виконання розрахункової роботи за затвердженою на кафедрі тематикою.

## 8. Методи навчання

1. Пояснювально-ілюстративний (інформаційно-рецептивний) метод: та метод проблемного виконання (лекція).
2. Репродуктивний (практичні роботи).
3. Частково-пошуковий (евристичний) та дослідницький: (самостійна робота та виконання РР).

## 9. Методи контролю

Визначення рівня засвоєння студентом навчального матеріалу дисципліни здійснюється шляхом проведення поточних і підсумкових контролів. У завдання поточного контролю входить систематична перевірка розуміння й засвоєння студентом програмного матеріалу, виконання лабораторних робіт, уміння самостійно проробляти тексти складання конспектів, здатності усно або письмово представляти певний матеріал. Перед підсумковим контролем ставиться завдання перевірки глибини засвоєння студентом програмного матеріалу дисципліни,



логіки й взаємозв'язки між її окремими розділами, здатності творчо використати придбані знання, уміння сформувавши своє відношення до проблеми, що впливає зі змісту дисципліни.

### 10. Розподіл балів, які отримують студенти (кількісні критерії оцінювання)

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
<b>Змістовний модуль 1</b>			
Виконання і захист практичних робіт	8...12	4	16...24
Модульний контроль	10...20	1	10...20
<b>Змістовний модуль 2</b>			
Виконання і захист практичних робіт	8...12	4	16...24
Модульний контроль	10...20	1	10...20
<b>Виконання і захист РР</b>	8...12	1	8...12
<b>Усього за семестр</b>			<b>60...100</b>

Семестровий контроль (іспит/залік) проводиться у разі відмови студента від балів поточного тестування й за наявності допуску до іспиту/заліку. Під час складання семестрового іспиту/заліку студент має можливість отримати максимум 100 балів. Білет для заліку складається з восьми теоретичних, та двох практичних завдань, кожне по 10 балів.

#### 10.2. Якісні критерії оцінювання

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки:

- методи пошуку екстремуму цільових функцій;
- основні принципи побудови оптимальних систем;
- сучасні методи синтезу оптимальних систем;
- засоби практичної реалізації оптимальних систем;

Необхідний обсяг вмінь для одержання позитивної оцінки:

- застосовувати математичні методи оптимізації та побудови оптимальних систем для розв'язання практичних задач;
- обирати відповідні методи синтезу оптимальних систем;
- розробляти схеми практичної реалізації оптимальних законів;
- використовувати ЕОМ та сучасні програмні пакети для оптимізації та моделювання оптимальних систем;

#### 10.3 Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру

**Задовільно (60-74).** Показати мінімум знань та вмінь. Захистити всі індивідуальні завдання та здати тестування. Знати методи пошуку екстремуму цільових функцій, основні принципи побудови оптимальних систем. Вміти застосовувати математичні методи оптимізації та побудови оптимальних систем для розв'язання практичних задач, збирати відповідні методи синтезу оптимальних систем.

**Добре (75-89).** Твердо знати мінімум, захистити всі індивідуальні завдання, здати тестування та поза аудиторну самостійну роботу. Виконати всі КР. Знати сучасні методи синтезу оптимальних систем, засоби практичної реалізації оптимальних систем. Вміти розробляти схеми практичної реалізації оптимальних законів, використовувати ЕОМ та сучасні програмні пакети для оптимізації та моделювання оптимальних систем.

**Відмінно (90-100).** Здати всі контрольні точки з оцінкою «відмінно». Досконально знати всі теми та вміти застосовувати їх.

### Шкала оцінювання: бальна і традиційна

Сума балів	Оцінка за традиційною шкалою	
	Іспит, диференційований залік	Залік
90 – 100	Відмінно	Зараховано
75 – 89	Добре	
60 – 74	Задовільно	
0 – 59	Незадовільно	Не зараховано

## 11. Рекомендована література

### Базова

1. Сухарев А.Г., Тимохов А.В., Федоров В.В. Методы оптимизации: учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры.– М.: Юрайт, 2014.– 367 с.
2. Таха Х. Введение в исследование операций. – М.–СПб.–К.: Издательский дом «Вильямс», 2001. – 912 с.
3. Сейдж Э.П., Уайт Ч.С. Оптимальное управление системами. М.: Радио и связь, 1982. – 392 с.
4. Аттетков А.В., Галкин С.В., Зарубин В.С. Методы оптимизации.– М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2003.– 228 с.
5. Бейко И.В., Бублик Б.Н., Зинько П.Н. Методы и алгоритмы решения задач оптимизации. - Киев: Вища школа, 1983. – 512 с.
6. Математичні методи оптимізації та інтелектуальні комп'ютерні технології моделювання складних процесів і систем з урахуванням просторових форм об'єктів / Автори: В.В. Грицик, А.І. Шевченко, О.М. Кісельова, С.В. Яковлев - Монографія. Ін-т пробл. штучного інтелекту НАН України. - Донецьк : Наука і освіта, 2012. - 480 с.
7. Волошин А.Ф., Кудин В.И. Последовательный анализ вариантов в задачах исследования сложных систем- Київ: ВПЦ «Київський університет», 2014. – 314 с.
8. Глибовець М.М., Гуляева Н.М. Еволюційні алгоритми. - Київ: НУКМА, 2013. – 176 с.
9. Сергиенко И.В., Шило В.П. Задачи дискретной оптимизации. - Киев: Наук думка, 2003. – 322 с.
10. Стоян Ю.Г., Яковлев С.В. Математические модели и оптимизационные методы геометрического проектирования. – Киев: Наукова думка, 1986. - 246 с.
11. Гуляницький Л.Ф., Мулеса О.Ю. Прикладні методи комбінаторної оптимізації: навч. посібник. - Київ: ВПЦ «Київський університет», 2016. – 142 с.
12. Соколов, Ю. Н. Компьютерный анализ и проектирование систем управления: учеб. пособие: в 6 ч. / Ю.Н. Соколов. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2011. – Ч.6: Оптимизация целевых функций. – 312 с.

13. Соколов Ю. Н. Компьютерный анализ и проектирование систем управления. Ч. 3. Оптимальные системы. – Учеб. пособие. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2006. – 273 с.
14. Соколов Ю.Н. Функции MATLAB в ГАУ. Учебно-методическое пособие: – Х.: Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», каф. 301, 2003, – 85 с.
15. Пантелеев А.В. Методы оптимизации в примерах и задачах. – М.: Высшая школа, 2005. – 544 с.

### **3.2 Допоміжна**

1. Сухарев А.Г., Тимохов А.В., Федоров В.В. Курс методов оптимизации.– М.: Наука, 1986.– 328 с.
2. Болтянский В. Г. Математические методы оптимального управления. М., Физматгиз. 1966. – 307 с.
3. Моисеев Н.Н., Иванилов Ю.П, Столярова Е.М. Методы оптимизации. – М.: Наука, 1978.– 351с.
4. Акулич И.Л. Математическое программирование в примерах и задачах. – М.: Высш. шк 1986. – 320с.
5. Исследование операций в экономике: Учебное пособие для вузов / Кремер Н. Ш., Путько Б. А., Тришин И. М., Фридман М. Н.: под ред. Кремера Н. Ш. – М.: ЮНИТИ, 2004
6. Компьютерное проектирование систем оптимального управления [Текст] / Ю.Н. Соколов, В.М. Илюшко, М.И. Луханин и др.; под ред. Ю.Н. Соколова. – К.: Аванпост-Прим, 2006. – 269 с.