

Міністерство освіти і науки України

Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»



ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з наукової роботи

В. В. Павліков

(ініціали та прізвище)

2022 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА
ОБОВ'ЯЗКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Комп'ютерні технології моделювання та оптимізації складних систем
(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: 11 «Математика та статистика»
(шифр і назва галузі)

Спеціальність: 113 «Прикладна математика»
(код та найменування спеціальності)

Освітня програма: «Прикладна математика»
(найменування освітньої програми)

Рівень вищої освіти: третій (освітньо-науковий)

Форма навчання: денна

Харків 2022 рік

**РОБОЧА ПРОГРАМА
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Комп'ютерні технології моделювання та оптимізації складних систем
(назва дисципліни)

для здобувачів за спеціальністю 113 Прикладна математика
освітньо-наукової програми «Прикладна математика»
«28» серпня 2022 р., – 11 с.

Розробник:

Професор кафедри математичного
моделювання та штучного інтелекту
д.ф.-м.н., професор
(посада, науковий ступінь та вчене звання)



С.В. Яковлев

Гарант ОНП

професор кафедри вищої математики
та системного аналізу
д.т.н., доцент
(посада, науковий ступінь та вчене звання)



С.С. Куреннов

Протокол №1 від «31» серпня 2022 р. засідання кафедри №304

Завідувач кафедри математичного
моделювання та штучного інтелекту
д.т.н., доцент
(посада, науковий ступінь та вчене звання)



А.Г. Чухрай

ПОГОДЖЕНО:

Завідувач відділу
аспірантури і докторантури



В. Б. Селевко

В.о. голови наукового товариства
студентів, аспірантів,
докторантів і молодих вчених



С.С. Жила

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни	
		Денна форма навчання	Заочна форма навчання
Кількість кредитів – 7	Галузь знань <u>11 «Математика та статистика»</u> (шифр та найменування) Спеціальність <u>113«Прикладна математика»</u> (код та найменування) Освітня програма <u>«Прикладна математика»</u> (найменування) Рівень вищої освіти: третій (освітньо-науковий)	Обов’язкова	
Кількість модулів – 2		Навчальний рік	
Кількість змістових модулів – 2		2022/ 2023	
Індивідуальне завдання		Семестр	
Загальна кількість годин – 210 денна – 80/210		1-й	
		Лекції	
		32- годин	
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 5 самостійної роботи студента – 8,125		Практичні, семінарські	
		48 годин	
		Лабораторні	
		0 годин	
		Самостійна робота	
		130 годин	
		Вид контролю	
		іспит	

Примітка

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить:

для денної форми навчання – 80/130.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою викладання навчальної дисципліни «Комп'ютерні технології моделювання та оптимізації складних систем» є формування системи знань щодо комп'ютерного моделювання складних систем та застосування методів оптимізації їх параметрів, навчання роботі із сучасними програмними системами оптимізації складних систем.

Завданнями вивчення дисципліни «Комп'ютерні технології моделювання та 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 досягти таких **компетентностей**:

ЗК01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу

ЗК02. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

СК01. Здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання у галузях математики і статистики та дотичних до них міждисциплінарних напрямках і можуть бути опубліковані у провідних наукових фахових виданнях з та суміжних галузей.

СК03. Здатність застосовувати сучасні інформаційні технології, бази даних та інші електронні ресурси, спеціалізоване програмне забезпечення у науковій та навчальній діяльності.

СК05. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми дослідницького характеру у науковому пізнанні, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних досліджень.

СК06. Здатність ініціювати, розробляти і реалізовувати комплексні інноваційні проекти у галузі прикладної математики та дотичні до неї міждисциплінарні проекти, з метою їх представлення на міжнародних конференціях, симпозіумах.

СК09 Здатність до продукування нових ідей і розв'язання комплексних проблем наукового пізнання, а також до застосування сучасних методологій, методів та інструментів педагогічної та наукової діяльності у сфері прикладної математики.

Очікувані результати навчання:

ПРН01. Мати передові концептуальні та методологічні знання з прикладної математики і на межі предметних галузей, а також дослідницькі навички, достатні для проведення наукових і прикладних досліджень на рівні останніх світових досягнень з відповідної галузі, отримання нових знань та/або здійснення інновацій.

ПРН03. Формулювати і перевіряти гіпотези; використовувати для обґрунтування висновків належні докази, зокрема, результати теоретичного аналізу, експериментальних досліджень (опитувань, спостережень тощо) і математичного та/або комп'ютерного моделювання, наявні літературні дані.

ПРН05. Планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження з прикладної математики та дотичних міждисциплінарних напрямів з використанням сучасних інструментів, критично аналізувати результати власних досліджень і результати інших дослідників у контексті усього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми.

ПРН06. Застосовувати сучасні інструменти і технології пошуку, оброблення та аналізу інформації, зокрема, статистичні методи аналізу даних великого обсягу та/або складної структури, спеціалізовані бази даних та інформаційні системи.

ПРН08. Розуміти загальні принципи та методи прикладної математики, а також методологію

наукових досліджень, застосувати їх у власних дослідженнях у сфері прикладної математики та у викладацькій практиці.

ПРН09. Вивчати, узагальнювати та впроваджувати в навчальний процес інновації у сфері прикладної математики.

ПРН11. Уміти управляти змістом, розкладом, вартістю, якістю, ризиками, людськими ресурсами та комунікаціями науково-технічних проектів в аерокосмічній галузі з відповідністю вимогам міжнародних стандартів

ПРН12. Знати сучасні підходи та засоби моделювання досліджуваних об'єктів та процесів управління, в тому числі в аерокосмічній галузі, вміти створювати нові, вдосконалювати та розвивати методи математичного і комп'ютерного моделювання складних систем, оптимізації та прийняття рішень.

Міждисциплінарні зв'язки:

Для вивчення дисципліни необхідно володіти знаннями таких дисциплін, як «Методи оптимізації та дослідження операцій», «Математичне та комп'ютерне моделювання», «Дискретна математика», «Системний аналіз та теорія прийняття рішень».

3. Програма навчальної дисципліни «Комп'ютерні технології моделювання та оптимізації складних систем»

Модуль 1.

Змістовний модуль 1. Загальна теорія складних систем і проблем оптимізації

Тема 1. Складні системи (СС). Основні поняття теорії систем (система, підсистема, надсистема, система систем, зв'язку, страти). Види моделей для опису систем, зв'язків тощо. Особливості складних систем. Принципи системного підходу, як концептуальна модель опису та дослідження СС.

Тема 2. Теоретичний аспект проблеми вибору і проблеми оптимізації. Основні поняття і визначення. Особи, які приймають рішення. Люди і їх ролі в процесі прийняття рішень. Особлива важливість проблем індивідуального вибору. Альтернативи. Критерії. Оцінки за критеріями. Процесі прийняття рішень. Множина Еджворта - Парето. Типові задачі прийняття рішень. Приклад узгодження інтересів ЛПР і активних груп. Багатодисциплінарний характер науки про прийняття рішень.

Тема 3. Концептуальні моделі прийняття рішень. Аксиоматичні теорії раціональної поведінки. Багатокритеріальні рішення. Методи оцінки і порівняння багатокритеріальних альтернатив. Моделі експертних рішень. Моделі колективних рішень. Проблема оптимізації та проблема вибору.

Тема 4. Особливості проблеми оптимізації СС. Багатоцільовий характер і невизначеність цілей оптимізації. Априорна невизначеність, невизначеність процедур (сценаріїв) досягнення цілей

Тема 5. Основні постановки формальних та неформальних задач оптимізації. Особливості формальних (математичних) моделей задач оптимізації. Обговорення методів евристичної оптимізації. Комбінований («інженерний») підхід до оптимізації СС. Співвідношення між рішенням задач математичної оптимізації, евристичною і комбінованою оптимізацією.

Модуль 2.

Змістовний модуль 2. Методи і алгоритми розв'язання екстремальних задач

Тема 6. Загальна характеристика методів розв'язання екстремальних задач. Класифікація методів розв'язання екстремальних задач за їх характеристиками. Екстремальні задачі для функцій однієї змінної. Екстремальні задачі для функцій багатьох змінних. Варіаційні задачі. Класичні і неklasичні (метод максимуму Д.С. Понтрягіна і метод динамічного програмування) підходи до розв'язання варіаційних задач. Метод динамічного програмування і його застосування при розв'язанні задач дослідження операцій. Задача динамічного програмування. Загальна постановка задачі про розподіл ресурсів.

Тема 7. Математичне програмування. Лінійне програмування. Опукле програмування. Нелінійне програмування. Дискретна оптимізація. Комбінаторна оптимізація. Недиференційована оптимізація. Глобальна оптимізація.

Тема 8. Загальна характеристика методів розв'язання задач опуклого програмування. Елементи теорії опуклого програмування. Методи розв'язання задач опуклого програмування. Задачі лінійного програмування. Основні методи і алгоритми розв'язання задач лінійного програмування. Задачі квадратичного програмування.

Тема 9. Особливості розв'язання задач неопуклого програмування. Методи розв'язання екстремальних задач для функцій однієї змінної. Пошук мінімуму унімодальної функції. Методи інтерполяції і комбіновані методи. Методи розв'язання екстремальних задач для функцій декількох змінних. Градієнтні методи. Квазіньютонівські методи. Методи нульового порядку. Оптимізація недиференційованих функцій.

Тема 10. Задачі комбінаторної та дискретної оптимізації. Можливості зведення задач до неперервної постановки. Відображення комбінаторних множин. Теорія опуклого продовження функцій на комбінаторних многогранниках. Спеціальні методи розв'язання задач комбінаторної та дискретної оптимізації.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
	Денна форма				
	Усього	У тому числі			
		л	лаб	п.	с. р.
1	2	3	4	5	6
Модуль 1					
Змістовий модуль1.Загальна теорія складних систем і проблем оптимізації					
Тема 1.	16	2		4	10
Тема 2.	18	2		4	12
Тема 3.	22	2		4	16
Тема 4.	22	2		4	16
Тема 5.	22	2		4	16
Разом за ЗМ 1	100	10		20	70
Модуль 2					
Змістовий модуль2.Методи і алгоритми розв'язання екстремальних задач					
Тема 6.	20	4		4	12
Тема 7.	20	4		6	12
Тема 8	20	4		6	12
Тема 9.	20	4		6	12
Тема 10.	22	6		6	12
Разом за ЗМ 2	110	22		28	60
Усього годин	210	32		48	130

5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1.	Основні поняття теорії систем (система, підсистема, надсистема, система систем, зв'язку, страти). Види моделей для опису систем, зв'язків тощо. Особливості складних систем. Принципи системного підходу, як концептуальна модель опису та дослідження складних систем.	4
2.	Теоретичний аспект проблеми вибору і проблеми оптимізації. Альтернативи. Критерії. Оцінки за критеріями. Процесі прийняття рішень. Множина Еджворта - Парето. Типові задачі прийняття рішень. Приклад узгодження інтересів ЛПР і активних груп. Багатодисциплінарний характер науки про прийняття рішень.	4
3.	Концептуальні моделі прийняття рішень. Методи оцінки і порівняння багатокритеріальних альтернатив. Моделі експертних рішень. Моделі колективних рішень.	4
4.	Багатоцільовий характер і невизначеність цілей оптимізації. Апріорна невизначеність, невизначеність процедур (сценаріїв) досягнення цілей	4
5.	Основні постановки формальних та неформальних задач оптимізації. Особливості математичних моделей задач оптимізації. Обговорення методів евристичної оптимізації. Інженерний підхід до оптимізації складних систем. Співвідношення між рішенням задач математичної оптимізації, евристичною і комбінованою оптимізацією.	4
6.	Екстремальні задачі для функцій однієї змінної. Екстремальні задачі для функцій багатьох змінних. Варіаційні задачі. Класичні і неklasичні (метод максимуму Д.С. Понтрягіна і метод динамічного програмування) підходи до розв'язання варіаційних задач. Метод динамічного програмування і його застосування при розв'язанні задач дослідження операцій. Задача динамічного програмування. Загальна постановка задачі про розподіл ресурсів.	4
7.	Математичне програмування. Лінійне програмування. Опукле програмування. Нелінійне програмування. Дискретна оптимізація. Комбінаторна оптимізація. Недиференційована оптимізація. Глобальна оптимізація.	6
8.	Елементи теорії опуклого програмування. Методи розв'язання задач опуклого програмування. Задачі лінійного програмування. Основні методи і алгоритми розв'язання задач лінійного програмування. Задачі квадратичного програмування.	6
9.	Задачі неопуклого програмування. Методи розв'язання екстремальних задач для функцій однієї змінної. Пошук мінімуму унімодальної функції. Методи інтерполяції і комбіновані методи. Методи розв'язання екстремальних задач для функцій декількох змінних. Градієнтні методи. Квазіньютонівські методи. Методи нульового порядку. Оптимізація недиференційованих функцій.	6
10.	Задачі комбінаторної та дискретної оптимізації. Можливості зведення задач до неперервної постановки. Відображення комбінаторних множин. Теорія опуклого продовження функцій на комбінаторних многогранниках. Спеціальні методи розв'язання задач комбінаторної та дискретної оптимізації.	6
	Разом	48

6. Теми практичних занять

Не передбачено

7. Теми лабораторних занять

Не передбачено

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1.	Види моделей для опису систем, зв'язків тощо. Особливості комп'ютерного моделювання складних систем. Принципи системного підходу, як концептуальна модель опису та дослідження складних систем.	10
2.	Процесі прийняття рішень. Множина Еджворта - Парето. Типові задачі прийняття рішень. Узгодження інтересів ЛПР і активних груп. Багатодисциплінарний характер науки про прийняття рішень.	12
3.	Концептуальні моделі прийняття рішень. Методи оцінки и порівняння багатокритеріальних альтернатив. Моделі експертних рішень. Моделі колективних рішень.	16
4.	Особливості проблеми оптимізації складних систем. Багатоцільовий характер і невизначеність цілей оптимізації. Априорна невизначеність, невизначеність процедур (сценаріїв) досягнення цілей	16
5.	Основні постановки формальних та неформальних задач оптимізації. Особливості математичних моделей задач оптимізації. Обговорення методів евристичної оптимізації. Співвідношення між рішенням задач математичної оптимізації, евристичною і комбінованою оптимізацією	16
6.	Варіаційні задачі. Метод максимуму Д.С. Понтрягіна. Метод динамічного програмування. Підходи до розв'язання варіаційних задач.	12
7.	Опукле програмування. Нелінійне програмування. Дискретна оптимізація. Комбінаторна оптимізація. Недиференційована оптимізація. Глобальна оптимізація.	12
8.	Методи розв'язання задач опуклого програмування. Задачі лінійного програмування. Основні методи і алгоритми розв'язання задач лінійного програмування. Задачі квадратичного програмування.	12
9.	Методи розв'язання екстремальних задач для функцій однієї та декількох змінних. Оптимізація недиференційованих функцій.	12
10.	Задачі комбінаторної та дискретної оптимізації. Спеціальні методи розв'язання задач комбінаторної та дискретної оптимізації.	12
Разом		130

9. Методи навчання

Словесні, наочні, практичні; синтетичні; продуктивні (проблемні; частково-пошукові), репродуктивні (пояснювально-ілюстративні).

Рішення задач, конспектування лекцій, самостійна робота.

10. Методи контролю

Поточний контроль: фронтальне усне опитування; тестування; практична перевірка умінь і навичок. Модульний контроль: комп'ютерне тестування, практична перевірка умінь і навичок. Форма підсумкового контролю – іспит (комп'ютерне тестування).

11. Розподіл балів, які отримують студенти

Поточне тестування і самостійна робота											Сума	Підсумковий тест (іспит) у разі відмови від балів поточного тестування та за наявності допуску до заліку/іспиту
Змістовий модуль 1					Змістовий модуль 2					Індивідуальне завдання		
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10			
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10		100	100

T1 ... T10 – теми змістовних модулів.

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка за національною шкалою	
	для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90-100	відмінно	зараховано
83-89	добре	
75-82		
68-74	задовільно	
60-67		
01-59	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання

13. Методичне забезпечення

1. Конспект лекцій з навчальної дисципліни «Комп'ютерні технології моделювання та оптимізації складних систем», упорядковувач Яковлев С.В., сервер каф. 304, 2018.

14. Рекомендована література

Базова

1. Стоян Ю.Г., Яковлев С.В. Математические модели и оптимизационные методы геометрического проектирования. – Киев: Наукова думка, 2020. - 271 с.
2. Стоян Ю.Г., Яковлев С.В., Пичугина О.С. Евклидовы комбинаторные конфигурации. Харьков: Константа, 2017. 404 с.
3. Гуляницький Л.Ф., Мулеса О.Ю. Прикладні методи комбінаторної оптимізації: навч. посібник. - Київ: ВПЦ «Київський університет», 2016. – 142 с.
4. 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.
5. Волошин А.Ф., Кудин В.И. Последовательный анализ вариантов в задачах исследования сложных систем- Київ: ВПЦ «Київський університет», 2014. – 314 с.

6. Глибовець М.М., Гуляева Н.М. Еволюційні алгоритми. - Київ: НУКМА, 2013. – 176 с.
7. Сергиенко И.В., Шило В.П. Задачи дискретной оптимизации. - Киев: Наук думка, 2003. – 322 с.
8. 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.
9. 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.
10. Hillier B., Nag L. Introduction To Operations Research / MC GRAW HILL INDIA, 2017, 350 p.

3.2 Допоміжна

1. 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.
2. Бейко И.В., Бублик Б.Н., Зинько П.Н. Методы и алгоритмы решения задач оптимизации. - Киев: Вища школа, 2003. – 512 с.
3. Winston W., Operations Research: Applications and Algorithms / Cengage Learning, 2003, 1440 p.
4. Соколов Ю.Н. Функции MATLAB в ТАУ. Учебно-методическое пособие: – Х.: Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», каф. 301, 2003, – 85 с.
5. Taha H.A. Operations Research: An Introduction, 10Th Edition / Pearson India, 2018, 250 p.