Національна академія наук України

Інститут енергетичних машин і систем ім. А. М. Підгорного

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Заступник директора

“23” квітня 2025 р.

Робоча програма навчальної дисципліни

«Теорія систем в задачах проектування»

(назва навчальної дисципліни)

підготовки докторів філософії

зі спеціальності 113 Прикладна математика

2024 / 2025 навчальний рік

Робочу програму навчальної дисципліни «Теорія систем в задачах проектування» складено відповідно до освітньо-наукової програми «Математичне моделювання та оптимізація теплових, механічних процесів і складних геометричних структур» підготовки здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти за спеціальністю 113 Прикладна математика.

Розробники: Панкратов Олександр Вікторович, доктор технічних наук, старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник

Програму рекомендовано до затвердження Вченою радою інституту 23 квітня 2025 року, протокол № 4.

Програму схвалено на розширеному засіданні відділу нелінійної механіки та математичного моделювання.

Протокол № 1 від 21.04.2025 р.

Завідувач відділу

_____ Аврамов К. В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Програму погоджено науково-технічною проблемною радою «Математичне моделювання. Механіка деформованого твердого тіла. Динаміка і міцність машин. Магнетизм технічних об'єктів».

Протокол № 7 від 22.04.2025 р.

Заступник голови НТПР _____

_____ Максименко-Шейко К. В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

1. Опис навчальної дисципліни

Мета викладання навчальної дисципліни

Мета викладання навчальної дисципліни полягає у вивченні системного підходу при вирішенні задач проектування, розгляд основних принципів декомпозиції та синтезу при аналізі систем, класифікації завдань системного аналізу, принципів оптимізації ресурсів, методів системного аналізу, створення цілісного уявлення про процеси дослідження різних систем, а також формування знань і умінь, необхідних для успішного застосування на практиці системного підходу при розгляді систем і вільного орієнтування при подальшій професійній самоосвіті.

Перелік компетентностей та програмних результатів навчання, що забезпечує дисципліна

Компетентності

ЗК8 Здатність виявляти, ставити і вирішувати проблеми.

ЗК10 Знання і розуміння предметної області та розуміння професії.

ЗК11 Здатність до абстрактного та аналітичного мислення й генерування ідей.

ФК 1 Здатність виявляти актуальні прикладні математичні проблеми і застосовувати поглиблені знання з прикладної математики.

ФК2 Здатність розробляти математичні моделі, що адекватно описують геометрію досліджуваних об’єктів і систем та фізичні процеси в них.

ФК3 Здатність застосовувати сучасні методи математичного моделювання і оптимізації для розв’язання задач прикладної математики.

ФК6 Здатність використовувати сучасні програмні засоби для розв’язання задач прикладної математики.

ФК7 Здатність проводити обчислювальні експерименти з обробкою розрахункових даних і їх аналізом.

ФК8 Здатність аналізувати та інтерпретувати результати розв’язання задач прикладної математики.

Програмні результати навчання

ПРН1 Знати та критично оцінювати теорії, положення та концептуальні підходи до вирішення комплексних наукових і практичних завдань в галузі прикладної математики.

ПРН4 Знати сучасні методи моделювання і оптимального проектування і уміти вдосконалювати їх.

ПРН5 Вміти розробляти і вдосконалювати алгоритми моделювання фізичних процесів і оптимального проектування, реалізовувати їх за допомогою відповідного програмного забезпечення.

ПРН6 Вміти використовувати сучасне програмне забезпечення для розв’язання задач прикладної математики з розподіленими параметрами.

ПРН7 Вміти проводити розрахункові дослідження та аналізувати отримані чисельні результати.

Характеристика навчальної дисципліни

Вибіркова освітня компонента	
Кількість кредитів	3
Рік підготовки	2-й
Семестр	2-й
Загальна кількість годин	90
Лекції	24 год.
Практичні заняття	6 год.
Індивідуальні заняття	__ год.
Самостійна робота	60 год.
Вид підсумкового контролю	залік

2. Зв'язок з іншими освітніми компонентами

Освітні компоненти, що передують вивченню:

ОК5 Сучасні методи обчислювальної математики

ОК6 Математичне моделювання геометричних об’єктів та фізичних полів з використанням R-функцій

Освітні компоненти, які розвивають результати навчання за цією дисципліною:

немає

3. Заплановані результати навчання

Після вивчення курсу аспіранти повинні:

знати:

– основні положення та аспекти системного підходу;
– класифікації систем;
– процедури системного аналізу;
– показники та критерії оцінки складних систем;
– методи групового прийняття рішень;
– методи моделювання систем і класифікацію моделей;
– основи математичного моделювання;
– особливості застосування та програмної реалізації чисельних методів

володіти:

– навичками аналізу і моделювання систем;

– досвідом застосування аналітичного апарату сучасних методів системного аналізу для вирішення практичних задач проектування;досвідом побудови математичних моделей складних систем;

– сучасними технологіями вирішення оптимізаційних задач.

вміти:

– застосовувати системний аналіз для вирішення прикладних задач проектування;

–проводити експертизу проекту;

–вирішувати задачі аналізу і моделювання складних систем за допомогою математичних методів;

–вибирати метод розв'язання задачі;

– застосовувати сучасну методологію розв’язання задач за допомогою вирішувачів та пакетів прикладних програм.

4. Тематичний план навчальної дисципліни

Розділ 1. Теорія систем і системний аналіз.

Тема 1. Основні положення теорії систем.

Поняття системи, приклади систем, неадитивність систем, існування інтеграційних властивостей, системна парадигма, структура системи. зв'язки, середовище системи, стан системи, найважливіші властивості систем, классификація систем.

Тема 2. Структура системного аналізу.

Системний аналіз, структура системного аналізу: задача декомпозиції, задача аналізу, задача синтезу. основні системні методи і процедури.

Тема 3. Засоби моделювання систем.

Принципи та закономірності дослідження і моделювання систем, класифікація моделей, методи системного аналізу, математичне моделювання, принципи моделювання, практичні рекомендації щодо зменшення складності моделей, підходи до побудови моделей,.

Розділ 2. Застосування системного підходу в задачах проектування.

Тема 4. Основні принципи і підходи до побудови математичних моделей складних систем.

Етапи побудови математичної моделі, перевірка адекватності моделі, коригування і оптимізація моделі, приклад побудови математичної моделі для задачі балансного компонування технічної системи.

Тема 5. Методологія застосування сучасних засобів розв'язування оптимізаційних задач.

Розв'язання задач нелінійного програмування методом внутрішньої точки, сучасна методологія розв’язання оптимізаційних задач на прикладі застосування пакету IPOPT. інтерфейс пакету IPOPT, функції зворотного виклику IPOPT, сучасна методологія розв’язання оптимізаційних задач на прикладі застосування вирішувача GAMS, інтерфейс GAMS. Мова GAMS, програми GAMS.

5. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин						
	усього	у тому числі					
		Лекції	практ.	лаб.	сем.	інд.	с.р.
Розділ 1. Теорія систем і системний аналіз							
Тема 1. **Основні положення теорії систем.**	12	4					8
Тема 2. **Структура системного аналізу**	12	4					8
Тема 3. **Засоби моделювання систем**	6	2					4
Разом за розділом 1	30	10					20
Розділ 2. Застосування системного підходу в задачах проектування							
Тема 4. **Основні принципи і підходи до побудови математичних моделей складних систем.**	24	6	2				16
Тема 5. **Методологія застосування сучасних засобів розв'язування оптимізаційних задач**	36	8	4				24
Разом за розділом 2	60	14	6				40

Усього годин	90	24	6				60

6. Самостійна робота

Метою самостійної роботи є навчитися користуватися навчально-методичними матеріалами, бібліотечними фондами, базами даних наукової літератури і інформаційними джерелами і іншими інформаційними джерелами, складати конспекти, аналізувати матеріал, порівнювати різні наукові концепції та робити висновки. Види самостійної роботи студента: опрацювання лекційного матеріалу; опрацювання тем курсу, які виносяться на самостійне вивчення; виконання завдань для самостійної роботи, відвідування консультацій; підготовка до підсумкового контролю.

Теми для самостійного вивчення

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи	Кількість годин
1	Основні положення теорії систем	8
2	Структура системного аналізу	8
3	Засоби моделювання систем	4
3	Основні принципи і підходи до побудови математичних моделей	8
4	Приклад побудови математичної моделі для задачі балансного компонування технічної системи	8
5	Сучасна методологія розв’язання оптимізаційних задач	4
6	Застосування пакету IPOPT для розв’язання задач нелінійного програмування.	4
7	Програмний інтерфейс з IPOPT та його використання.	4
8	Використання вирішувача GAMS	12
	Разом	60

Завдання для самостійної роботи

1. Обчислити ваги альтернатив, що оцінені експертами за допомогою метода попарного порівняння.
2. Обчислити ваги альтернатив, що оцінені експертами за допомогою метода переваги.
3. Обчислити ваги альтернатив, що оцінені експертами за допомогою метода зважування експертних оцінок.
4. Обчислити ваги альтернатив, що оцінені експертами за допомогою метода ранга.
5. Обчислити ваги альтернатив, що оцінені експертами за допомогою метода ранга.
6 Розробити функціональну моделі для розв'язуваної задачі.
7. Оптимізувати математичну модель технічної системи.
8. За допомогою методу динамічного програмування знайти систему найкращої якості, вартість якої не перевищує бюджет.
9. Побудова матриць Якобі та Гессе для заданої математичної моделі.
10. Написання функцій зворотного виклику для пакету IPOPT.
11. Побудова моделі задачі компоновки технічної системи.
12. Розробок програмного інтерфейсу для IPOPT, що описує побудовану математичну модель.
13. Пошук наближення до глобального екстремуму задачі за допомогою метода мультистарта (за допомогою програмного інтерфейсу з IPOPT).
14. Опис побудованої моделі за допомогою мови вирішувача GAMS.
15. Освоєння інтерфейсу вирішувача GAMS (демо-версія).
16. Пошук наближення до глобального екстремуму задачі за допомогою метода мультистарта (за допомогою вирішувача GAMS, демо-версія).

* за бажанням здобувача він може сам скласти перелік завдань для самостійної роботи, адаптувавши їх під своє наукове дослідження, за умови узгодження переліку і змісту завдань з викладачем і науковим керівником

7. Методи навчання

При викладанні дисципліни застосовуються словесні, наочні та практичні методи навчання. Словесні та наочні методи навчання використовуються під час лекцій, самостійної роботи, консультацій, практичні – при здійсненні студентами самостійної роботи. Під час проведення лекцій використовуються такі словесні методи як розповідь і пояснення. До числа наочних методів, які застосовуються при викладанні дисципліни, належать: ілюстрація, демонстрація, робота із програмним пакетом IPOPT та демо-версією вирішувача GAMS.

8. Методи контролю

Поточний контроль теоретичних знань, що отримані здобувачем вищої освіти ступеня доктора філософії здійснюється шляхом тестових контрольних робіт та опитувань під час проведення лекцій і по завершенні вивчення кожного змістового модулю.

Підсумковий контроль проводиться у вигляді заліку.

9. Схема нарахування балів

Поточний контроль, самостійна робота						Разом	Сума
Розділ 1			Розділ 2		Індивідуальне завдання		
Т1	Т2	Т3	Т4	Т5	40	100	100
12	12	12	12	12			

Т1, Т2 ... – теми розділів.

Критерії оцінювання

Бали поточного контролю за кожною темою складаються з оцінювання відповідей під час усного опитування щодо засвоєння лекційного матеріалу (1 – розуміння окремих положень, 2 – розуміння окремих математичних методів, 3 – досконале засвоєння математичних методів, 4 – вміння адаптувати засвоєні методи для розв'язання задач оптимізації), оцінювання ступені опрацювання матеріалу тем для самостійного вивчення (1 – часткове розуміння матеріалу, 2 – досконале розуміння матеріалу) та оцінювання виконання завдання для самостійної роботи (1 – вміння вибрати математичний метод для розв'язання поставленої задачі; 2 – розробка методики розв'язання поставленої задачі, 3 – часткове застосування розробленої методики; 4 – повне застосування методики з отриманням частково помилкових результатів, 5 – вирішення поставленої задачі в цілому, 6 – повне вирішення поставленої задачі з творчим аналізом отриманих результатів).

Критерії оцінювання індивідуального завдання (40 балів): Відсутність помилок в теоретичній частині – 15 балів; Коректність викладок – 15 балів; Послідовність викладок – 5 балів; Логічність викладок – 5 балів.

Шкала оцінювання: національна та ЄКТС

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка
50 ... 100	зараховано
0 … 49	не зараховано

10. Рекомендоване методичне забезпечення

1. Конспект лекцій з дисципліни «Теорія систем в задачах проектування» для здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти спеціальності 113 Прикладна математика галузі знань 11 Математика та статистика (освітньо-професійна програма «Математичне моделювання та оптимізація теплових, механічних процесів і складних геометричних структур») [Електронне видання] / Упоряд. О. В. Панкратов. Харків: ІЕМС НАН України, 2024. 129 с.

2. Методичні вказівки до виконання індивідуальних практичних завдань з дисципліни «Теорія систем в задачах проектування» для здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти спеціальності 113 Прикладна математика галузі знань 11 Математика та статистика (освітньо-професійна програма «Математичне моделювання та оптимізація теплових, механічних процесів і складних геометричних структур») [Електронне видання] / Упоряд. О. В. Панкратов. Харків: ІЕМС НАН України, 2024. 34 с.

3. Методичні вказівки та перелік завдань для самостійної роботи з дисципліни «Теорія систем в задачах проектування» для здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти спеціальності 113 Прикладна математика галузі знань 11 Математика та статистика (освітньо-професійна програма «Математичне моделювання та оптимізація теплових, механічних процесів і складних геометричних структур») [Електронне видання] / Упоряд. О. В. Панкратов. Харків: ІЕМС НАН України, 2024. 50 с.

Основна література

1. Теорія систем і системний аналіз : Навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / Н. Б. Чорней, Р. К. Чорней; Міжрегіон. акад. упр. персоналом. – К. : МАУП, 2005. – 254 с.
2. Григорків В.С., Григорків М.В. Оптимізаційні методи та моделі: підручник / В.С. Григорків, М.В. Григорків. – Чернівці : Чернівецький нац. ун-т, 2016. – 400 с.

Допоміжна література

1. Чугай А.М., Романова Т.Є., Панкратов О.В., Шеховцов С.Б. / Застосування сучасних інформаційних технологій в задачах геометричного проектування. II Міжнародна науково-технічна конференція "Динаміка, міцність та моделювання в машинобудуванні", 5 - 8 жовтня 2020 р., Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН України (м. Харків). Ukraine, 2020, С. 298-301.
2. Stoian, Y.E., Chugay, A.M., Pankratov, A.V., Romanova, T.E. Two Approaches to Modeling and Solving the Packing Problem for Convex Polytopes. Cybernetics and Systems Analysis, 2018. 54 (4), 585-593.
3. Pankratov A., Romanova T.,Decomposition algorithm for optimization placement problems. Математичне та комп'ютерне моделювання. Серія: Технічні науки. Вип. 19. 2019, С. 126-131.

Інформаційні ресурси

1. Навчально-методичний комплекс навчальної дисципліни на сайті ipmach.kharkov.ua
2. https://projects.coin-or.org/Ipopt/browser/stable/3.11/Ipopt/doc/documentation.pdf?format=raw – керівництво до пакету нелінійної оптимізації IPOPT (англ.)
3. http://www.coin-or.org/download/binary/Ipopt/Ipopt-3.11.0-Win32-Win64-dll.7z – бібліотеки для роботи з IPOPT.
4. Дистрибутив демо-версії GAMS можна отримати за адресою https://www.gams.com/download/