

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

Кафедра вищої математики та системного аналізу (№ 405)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми


_____ (ініціали та прізвище)

О.Г. Ніколаєв
(ініціали та прізвище)

« 25 » червня 2021 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА ВИБІРКОВОЇ
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

ТЕОРІЯ КЕРУВАННЯ

(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: **12 «Інформаційні технології»**
(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: **124 «Системний аналіз»**
(код та найменування спеціальності)

Освітня програма: **«Системний аналіз і управління»**
(найменування освітньої програми)

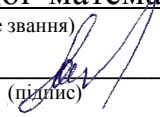
Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Харків 2021 рік

Робоча програма «Теорія керування» для студентів за спеціальністю
(назва дисципліни)
124 «Системний аналіз» освітньою програмою «Системний аналіз і управління»
« 11 » червня 2021 р. – 12 с.

Розробник: Головченко О.В., професор кафедри вищої математики та
(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь та вчене звання)
системного аналізу, к.фіз.-мат.н., доцент




(підпис)

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри вищої математики та
(назва кафедри)
системного аналізу

Протокол № 11 від « 25 » червня 2021 р.

Завідувач кафедри: д.фіз.-мат.н, професор
(науковий ступінь та вчене звання)



(підпис)

О.Г.Ніколаєв
(ініціали та прізвище)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни (денна форма навчання)
Кількість кредитів – 4	<p style="text-align: center;">Галузь знань: <u>12 «Інформаційні технології»</u> <small>(шифр та найменування)</small></p> <p style="text-align: center;">Спеціальність: <u>124 «Системний аналіз»</u> <small>(код та найменування)</small></p> <p style="text-align: center;">Освітня програма: <u>«Системний аналіз і управління»</u> <small>(найменування)</small></p> <p style="text-align: center;">Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)</p>	Вибіркова
Кількість модулів – 2		Навчальний рік
Кількість змістовних модулів – 3		2021/2022
Індивідуальне завдання: <u>розрахункова робота</u> <small>(назва)</small>		Семестр
Загальна кількість годин – 64/120		7 -й
		Лекції ¹⁾
		32 години
		Практичні 32 години
		Лабораторні ¹⁾ - годин
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 64 самостійної роботи студента – 56	Самостійна робота 56 годин	
	Вид контролю модульний контроль, іспит	

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить: 64/ 56.

¹⁾ Аудиторне навантаження може бути зменшене або збільшене на одну годину в залежності від розкладу занять.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета вивчення: визначення основних принципів і методів аналізу і синтезу систем керування динамічними об'єктами стосовно фізичних, технічних, технологічних, економічних процесів.

Завдання: навчитися математично описувати динамічні режими об'єктів керування в неперервному та дискретному часі, аналізувати стійкість, керованість і спостережливість динамічних систем.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти повинні досягти таких **компетентностей:**

- здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу;
- здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;
- здатність знати та розуміти предметну область і професійну діяльність;
- здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел;
- здатність формалізувати проблеми, описані природною мовою, у тому числі за допомогою математичних методів, застосовувати загальні підходи до математичного моделювання конкретних процесів;
- здатність формулювати задачі оптимізації при проектуванні систем управління та прийняття рішень, а саме: математичні моделі, критерії оптимальності, обмеження, цілі управління; обирати раціональні методи та алгоритми розв'язання задач оптимізації та оптимального керування;
- здатність представляти математичні аргументи і висновки з них з ясністю і точністю і в таких формах, які підходять для аудиторії як усно так і в письмовій формі;
- здатність розробляти експериментальні та спостережувальні дослідження і аналізувати дані, отримані в них.

Програмні результати навчання:

- знати і вміти застосовувати на практиці диференціальне та інтегральне числення, ряди та інтеграл Фур'є, векторну та лінійну алгебру, аналітичну геометрію та векторний аналіз, функціональний аналіз в обсязі, необхідному для вирішення типових завдань системного аналізу;
- знати та вміти застосовувати базові методи якісного аналізу та інтегрування звичайних диференціальних рівнянь і систем, диференціальних рівнянь у частинних похідних, в тому числі рівнянь математичної фізики;
- знати основи теорії оптимізації, оптимального керування та вміти застосовувати їх на практиці для розв'язування прикладних задач управління і проектування складних систем.

Міждисциплінарні зв'язки: алгебра та геометрія, математичний аналіз, звичайні та у частинних похідних диференціальні рівняння, функціональний аналіз, варіаційне числення, фізика.

3. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1. Дослідження і аналіз неперервних та дискретних лінійних систем

Змістовий модуль 1. Дослідження і аналіз лінійних систем

Тема 1. Вступ до дисципліни «Теорія керування»

Предмет вивчення і задачі дисципліни „Теорія керування”. Основні етапи розвитку і становлення дисципліни. Система управління. Функціональна схема системи управління.

Тема 2. Дослідження і аналіз неперервних лінійних систем за допомогою диференціальних рівнянь

Одновимірні та багатовимірні системи під дією детермінованих зусиль. Аналіз сигналів і систем. Зв'язок структурної схеми з диференціальним рівнянням. Диференціальні рівняння з'єднань. Зв'язок вхід-вихід. Стійкість, керованість та спостережливість системи.

Тема 3. Дослідження і аналіз неперервних лінійних систем за допомогою перехідних функцій

Побудова перехідних функцій неперервних лінійних систем. Перехідні функції та імпульсні перехідні функції. Аналіз вихідних процесів. .

Тема 4. Дослідження і аналіз неперервних лінійних систем за допомогою інтегральних перетворень

Одновимірні стаціонарні системи під дією детермінованих зусиль. Застосування перетворення Лапласа. Передаточні функції з'єднань. Застосування перетворення Фур'є. Частотні характеристики.

Тема 5. Одновимірні дискретні лінійні системи

Одновимірні системи під дією детермінованих зусиль. Аналіз сигналів і систем. Зв'язок вхід-вихід. Аналіз вихідних процесів.

Модульний контроль

Модуль 2. Теорія оптимального керування

Змістовий модуль 2. Задачі оптимального програмного керування

Тема 1. Основні поняття та постановка задач оптимального керування

Математична модель об'єкта керування. Допустимі керування і додаткові умови. Критерій оптимальності. Постановка задач оптимального керування

Тема 2. Методи класичного варіаційного числення в задачах оптимального керування

Варіація функціонала для задачі Майєра. Функція Гамільтона . Побудова розв'язку задачі Майєра з фіксованим часом і вільним правим кінцем траєкторії. Задачі Больца і Лагранжа з фіксованим часом і вільним правим кінцем траєкторії. Задача Майєра з довільним часом і без обмежень на правий кінець траєкторії. Задача Майєра з обмеженнями загального вигляду. Приклади застосування варіаційних методів у задачах оптимального керування.

Тема 3. Принцип максимуму Понтрягіна

Обговорення принципу максимуму. Задача Майєра з фіксованим часом і вільним правим кінцем траєкторії. Приклади застосування принципу максимуму. Задача на швидкодію. Задача синтезу. Проблема синтезу оптимальних керувань. Дискретний принцип максимуму.

Змістовий модуль 3. Метод динамічного програмування

Тема 1. Динамічне програмування

Метод динамічного програмування. Алгоритм методу динамічного програмування для задач з вільним правим кінцем траєкторії. Задачі з обмеженнями на правий кінець траєкторії. Зв'язок методу динамічного програмування з принципом максимуму Понтрягіна. Приклади застосування методу динамічного програмування.

Модульний контроль за темами змістовних модулів 2 та 3

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістовних модулів і тем	Кількість годин				
	Усього	У тому числі			
		л	п	лаб.	с. р.
1	2	3	4	5	6
Модуль 1					
Змістовий модуль 1. Дослідження і аналіз лінійних систем					
Тема 1. Вступ до дисципліни «Теорія керування»	2	2	–	–	–
Тема 2. Дослідження і аналіз неперервних лінійних систем за допомогою диференціальних рівнянь	22	8	8	–	6
Тема 3. Дослідження і аналіз неперервних лінійних систем за допомогою перехідних функцій	16	4	4	–	8
Тема 4. Дослідження і аналіз неперервних лінійних систем за допомогою інтегральних перетворень	8	2	2	–	4
Тема 5. Одновимірні дискретні лінійні системи	10	2	2	–	6
Модульний контроль	2	–	2	–	–
Разом за змістовним модулем 1	60	18	18	–	24
Модуль 2					
Змістовий модуль 2. Задачі оптимального програмного керування					
Тема 1. Основні поняття та постановка задач оптимального керування	4	2	–	–	2

1	2	3	4	5	6
Тема 2. Методи класичного варіаційного числення в задачах оптимального керування	14	4	4	–	6
Тема 3. Принцип максимуму Понтрягіна	14	4	4		6
Разом за змістовним модулем 2	32	10	8	–	14
Змістовий модуль 3. Метод динамічного програмування					
Тема 1. Динамічне програмування	16	4	4		8
Модульний контроль за темами змістовних модулів 2 та 3	2		2		
Разом за змістовним модулем 3	18	4	6		8
Індивідуальне завдання	10	-	-	-	10
Семестровий контроль: іспит (проводиться у разі відмови студента від балів поточного тестування та за наявності допуску)					
Усього годин з дисципліни	120	32	32	-	56

5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1		
2		
	Разом	

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	2	3
1	Зв'язок структурної схеми з диференціальним рівнянням. Аналіз вихідних процесів.	2
2	Багатовимірні системи. Диференціальні рівняння з'єднань.	2
3	Багатовимірні системи. Перехідна матриця Коші.	2
4	Дослідження стійкості, керованості та спостережливості системи	2
5-6	Побудова одиничних та імпульсних перехідних функцій	4

1	2	3
7	Передаточні функції. Частотні Характеристики	2
8	Одновимірні дискретні лінійні системи	2
9	Модульний контроль	2
10-11	Методи класичного варіаційного числення в задачах оптимального керування	4
12-13	Принцип максимуму Понтрягіна	4
14-15	Задачі оптимального керування з повним оберненим зв'язком	4
16	Модульний контроль	2
	Разом	32

7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1		
2		
	Разом	

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Дослідження і аналіз неперервних лінійних систем за допомогою диференціальних рівнянь	8
2	Дослідження і аналіз неперервних лінійних систем за допомогою перехідних функцій	6
3	Дослідження і аналіз неперервних лінійних систем за допомогою інтегральних перетворень	4
4	Одновимірні дискретні лінійні системи	6
5	Основні поняття та постановка задач оптимального керування	2
6	Методи класичного варіаційного числення в задачах оптимального керування	6
7	Принцип максимуму Понтрягіна	6
8	Динамічне програмування	8
9	Індивідуальне завдання	10
	Разом	56

9. Індивідуальні завдання

Виконання розрахункової роботи «Дослідження неперервних систем автоматичного керування та розв'язання задач оптимального керування.»

10. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій, практичних занять, індивідуальні консультації (при необхідності), самостійна робота студентів за матеріалами, опублікованими кафедрою (методичні посібники), проведення олімпіад.

11. Методи контролю

Проведення поточного контролю у вигляді тестів, усної здачі індивідуальних робіт, письмового модульного контролю, фінальний контроль у вигляді семестрового контролю: іспит (проводиться у разі відмови студента від балів поточного тестування та за наявності допуску).

12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують студенти

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

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Змістовний модуль 1			
Робота на лекціях	0...0,5	9	4,5
Робота на практичних заняттях	0...2	8	0...16
Самостійна робота	0...1	8	0...8
Модульний контроль	0...24	1	0...25
Змістовний модуль 2 та 3			
Робота на лекціях	0...0,5	7	3,5
Робота на практичних заняттях	0...2	6	0...12
Самостійна робота	0...1	6	0...6
Модульний контроль	0...25	1	0...25
Виконання та захист розрахункової роботи	0...20	1	0...20
Всього за семестр (*)			0...120

(*) Якщо кількість модульних балів у студента перевищує 100, то в якості підсумкової оцінки виставляється 100 балів.

Семестровий контроль (іспит) проводиться у разі відмови студента від балів поточного тестування та за наявності допуску до іспиту. При складанні семестрового іспиту студент має можливість отримати максимум 100 балів.

Білет для іспиту складається з двох теоретичних та двох практичних завдань. За кожне теоретичне питання та практичне завдання студент може отримати до 25 балів. Максимальна сума всіх балів – 100.

12.2. Якісні критерії оцінювання

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки:

знати:

- функціональну схему системи керування;
- постановки задач розрахунків систем керування: задача аналізу, задача синтезу, задача ідентифікації;
- методи знаходження передаточних функцій, перехідних функцій, імпульсних перехідних функцій;
- основні задачі оптимального керування;
- принцип максимуму Понтрягіна.

Необхідний обсяг умінь для одержання позитивної оцінки:

уміти:

- відрізнати системи керування за виглядом їх математичної моделі;
- аналізувати вихідні процеси;
- досліджувати стійкість, керованість, спостережливість лінійних систем.
- застосовувати класичні варіаційні методи, принцип максимуму, методи динамічного програмування;

12.3 Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру

Задовільно (60-74). Показати мінімум знань та умінь. Захистити всі індивідуальні завдання. Знаходити передаточні функції, перехідні функції, імпульсні перехідні функції. Застосовувати методи класичного варіаційного числення в задачах оптимального програмного керування. Відповіді студента розкривають суть питань без достатньої повноти і обґрунтування, або у відповідях є неправильне тлумачення окремих понять та неточність у формулюванні відповідних термінів.

Добре (75-89). Твердо знати матеріал, захистити всі індивідуальні завдання. Розв'язувати задачі аналізу та синтезу. Знаходити передаточні функції, перехідні функції, імпульсні перехідні функції з'єднань. Застосовувати методи класичного варіаційного числення та принцип максимуму Понтрягіна в задачах оптимального керування. Вміти розв'язувати рівняння Беллмана. У відповідях студента можуть допускатися окремі помилки непринципового характеру, які не впливають на розкриття суті теоретичних питань. Завдання в цілому виконуються без помилок, але в обґрунтуванні розв'язання є певні недоліки.

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

Курсову роботу не передбачено навчальним планом.

Протягом семестру студент отримує бали за накопичувальною системою згідно з наведеною таблицею. Дано деякі пояснення до таблиці.

Робота на лекції – активна форма засвоєння матеріалу курсу: 0,5 бала ставиться за продумані питання, які студент задає лектору, участь в обговоренні предмета лекції, відповіді на питання, які по ходу лекції задає викладач. Активність студента може заохочуватися додатковими коефіцієнтами, які множаться на 0,5 бала.

Робота на практичному занятті оцінюється так: 2 бали за самостійно розв'язану задачу або за обґрунтовану відповідь на теоретичне питання з доведенням основних положень; 1 бал за розв'язану задачу за допомогою викладача.

Самостійна робота – 1 бал ставиться студенту за виконання домашнього завдання разом з його захистом.

Індивідуальне завдання включає виконання та захист розрахункової роботи за темами, зазначеними в назві роботи.

Модульний контроль проводиться на 8 і 16 тижнях на практичних заняттях.

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

13. Методичне забезпечення

Підручники, навчальні посібники, які видані в Університеті:

1. Головченко О.В., Курпа Л.І., Ніколаєв О.Г., Ванін В.А. Вараіаційні методи. Навч. посібник. – Харків: Нац. аерокос. ун-т „Харк. авіац. ін-т”, 2008.
2. Андрусенко О.М., Ванін В.А., Головченко О.В., Кошовий А.Г. Теорія керування. Навч. посібник. – Харків: Нац. аерокос. ун-т „Харк. авіац. ін-т”, 2007.

Електронний ресурс, на якому розміщено навчально-методичний комплекс дисципліни: <https://library.khai.edu> . **Комплекс включає в себе такі обов'язкові складові:**

- робоча програма дисципліни;

- конспект лекцій, підручники (навчальні посібники), в тому числі в електронному вигляді, які за змістом повністю відповідають робочій програмі дисципліни;
- методичні вказівки та рекомендації для виконання розрахункових та практичних робіт, а також рекомендації для самостійної підготовки;
- тематики індивідуальних завдань;
- приклади розв'язування типових задач чи виконання типових завдань;
- питання для контрольних заходів.

14. Рекомендована література

Базова

1. Головченко О.В., Курпа Л.І., Ніколаєв О.Г., Ванін В.А. Вараіаційні методи. Навч. посібник. – Харків: Нац. аерокос. ун-т „Харк. авіац. ін-т”, 2008.
2. Андрусенко О.М., Ванін В.А., Головченко О.В., Кошовий А.Г. Теорія керування. Навч. посібник. – Харків: Нац. аерокос. ун-т „Харк. авіац. ін-т”, 2007.
3. Попович М.Г., Ковальчук О.В. Теорія керування. – К. Либідь, 2007.

Допоміжна

1. Беллман Р. Динамическое программирование. – М.: Наука, 1960.
2. Болтянский В. Г. Математические методы оптимального управления. – М.: Наука, 1966.
3. Брайсон А., Хо Ю-ши. Прикладная теория оптимального управления. Оптимизация, оценка и управление. – М.: Мир, 1972.
4. Згуровский М.З. Современная теория управления. – К.: УМКВО, 1989.
5. Кротов В. Ф. Основы теории оптимального управления. – М.: Высш. шк., 1990.
6. Лесин В.В., Лисовец Ю.П. Основы методов оптимизации. М. МАИ, 1995.
7. Понтрягин Л. С., Болтянский В. Г., Гамкрелидзе Р. В., Мищенко Е. Ф. Математическая теория оптимальных процессов. – М.: Физматгиз, 1961.
8. Пантелеев А.В., Бортакoвский А.С. Теория управления в примерах и задачах. – М.: Высш. шк., 2003.
9. Эльсгольц Л. Э. Дифференциальные уравнения и вариационное исчисление. – М.: Наука, 1969.

15. Інформаційні ресурси

Сайт бібліотеки Національного аерокосмічного університету ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут»
<https://library.khai.edu>