

Міністерство освіти і науки України

Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського
“Харківський авіаційний інститут”

Кафедра вищої математики та системного аналізу (№ 405)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Керівник проектної групи


(підпис)

О.Г. Ніколаєв
(ініціали та прізвище)

« 30 » 08 2019 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА ВИБІРКОВОЇ
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Теорія керування стохастичними системами

(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)

Рівень вищої освіти: другий (магістерський)

Харків 2019 рік

Робоча програма «Теорія керування стохастичними системами» для студентів за спеціальністю 124 «Системний аналіз», освітньою програмою «Системний аналіз і управління»
«7» червня 2019 р.- 11 с.

Розробник програми: Головченко О.В., професор кафедри вищої математики та системного аналізу, к.ф.-м.н., доцент



(підпис)

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

Протокол № 11 від «19» червня 2019 р.

Завідувач кафедри д.ф.-м.н., професор



(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>Галузь знань <u>12 «Інформаційні технології»</u> (шифр та найменування)</p> <p>Спеціальність <u>124 «Системний аналіз»</u> (код та найменування)</p> <p>Освітня програма <u>«Системний аналіз і управління»</u> (найменування)</p> <p>Рівень вищої освіти: <u>другий (магістерський)</u></p>	Цикл професійної підготовки (за вибором)
Модулів – 2		Навчальний рік
Змістових модулів – 2		2019/2020
Індивідуальне науково-дослідне завдання: <u>розрахункова робота</u> (назва)		Семестр
Загальна кількість годин – 48/72		<u>1</u> -й
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3 самостійної роботи студента – 4		Лекції
		<u>24</u> години
		Практичні
		<u>24</u> години
		Лабораторні
	-	
	Самостійна робота	
	<u>72</u> години	
	Індивідуальна робота:	
	-	
	Вид контролю:	
	Модульний контроль (іспит)	

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить: 48/72.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

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

Завдання: передача знань і умінь математично описувати динамічні режими об'єктів керування в неперервному та дискретному часі, знаходженні найкращих способів керування цими об'єктами.

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

Результати навчання:

1. Уміти аналізувати математичні моделі природних, техногенних, економічних і соціальних об'єктів та процесів при випадковому впливі.
2. Уміти обирати методи та алгоритми розв'язання задач керування складними об'єктами керування при випадковому впливі.
3. Уміти приймати оптимальні рішення у професійній діяльності, пов'язаній з моделюванням, аналізом, прогнозуванням та оптимізацією поведінки складних технічних, економічних, технологічних, інформаційних систем та процесів, що протікають під дією випадкових збурень;

3. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1.

Змістовий модуль 1. Дослідження і аналіз неперервних лінійних систем.

Тема 1. Вступ до дисципліни «Теорія керування стохастичними системами».

Предмет вивчення і задачі дисципліни „Теорія керування стохастичними системами”. Основні етапи розвитку і становлення дисципліни.

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

Одновимірні та багатовимірні системи під дією стохастичних зусиль. Зображення сигналів систем, які знаходяться під впливом стохастичних зусиль. Математичне сподівання, коваріаційна функція, коваріаційна матриця вектора стану, стохастичні диференціальні рівняння. Зв'язок вхід-вихід. Аналіз вихідних процесів.

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

Імпульсні перехідні функції. Зв'язок вхід-вихід. Аналіз вихідних процесів.

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

Одновимірні стаціонарні системи під дією стохастичних зусиль. Застосування перетворення Фур'є. Спектральна щільність. Зв'язок вхід-вихід. Аналіз вихідних процесів.

Тема 5. Синтез оптимальних лінійних фільтрів Калмана.

Постановка задачі синтеза. Розв'язок матричних рівнянь. Перехідна матриця системи. Рівняння оптимального фільтра. Розв'язок рівняння Ріккати.

Модульний контроль

Модуль 2.

Змістовий модуль 2. Синтез оптимальних неперервних стохастичних систем

Тема 1. Стохастичний принцип максимуму

Рівняння Фоккера-Планка-Колмогорова. Побудова оптимального програмного керування. Постановка задачі. Стохастичний принцип максимуму. Оптимальне керування лінійними системами.

Тема 2. Оптимальне керування лінійними неперервними системами з повним оберненим зв'язком.

Побудова оптимального керування з повним оберненим зв'язком. Рівняння Беллмана. Синтез оптимальних лінійних регуляторів.

Модульний контроль

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 неперервних лінійних систем					
Тема 1. Вступ до дисципліни «Теорія керування стохастичними системами»	2	2	–	–	–
Тема 2. Дослідження і аналіз неперервних лінійних систем за допомогою диференціальних рівнянь	20	6	4	–	10
Тема 3. Дослідження і аналіз неперервних лінійних систем за допомогою перехідних функцій	14	2	2	–	10
Тема 4. Дослідження і аналіз неперервних лінійних систем за допомогою інтегральних перетворень	18	4	4	–	10

1	2	3	4	5	6
Тема 5. Синтез оптимальних лінійних фільтрів Калмана	14	2	2	–	10
Модульний контроль	2	–	2	–	–
Разом за змістовним модулем 1	70	16	14	–	40
Модуль 2					
Змістовий модуль 2. Задачі оптимального керування					
Тема 1. Стохастичний принцип максимуму	20	4	4	–	12
Тема 2. Стохастичне рівняння Беллмана	18	4	4	–	10
Модульний контроль	2		2		
Разом за змістовним модулем 2	40	8	10		22
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	24	24	-	72

5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1		

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	2	3
1-2	Дослідження і аналіз неперервних лінійних систем за допомогою диференціальних рівнянь	4
3	Дослідження і аналіз неперервних лінійних систем за допомогою перехідних функцій	2
4-5	Дослідження і аналіз неперервних лінійних систем за допомогою інтегральних та спектральних перетворень	4
6	Синтез оптимальних лінійних фільтрів Калмана. Розв'язок матричних рівнянь. Рівняння оптимального фільтра	2
7	Модульний контроль	2

1	2	3
8-9	Стохастичний принцип максимуму. Оптимальне керування лінійними системами	4
10-11	Побудова оптимального керування з повним оберненим зв'язком. Рівняння Беллмана.	4
12	Модульний контроль	2
	Разом	24

7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1		
2		

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Дослідження і аналіз неперервних лінійних систем за допомогою диференціальних рівнянь	10
2	Дослідження і аналіз неперервних лінійних систем за допомогою перехідних функцій	10
3	Дослідження і аналіз неперервних лінійних систем за допомогою інтегральних перетворень	10
4	Синтез оптимальних лінійних фільтрів (фільтрів Калмана)	10
5	Стохастичний принцип максимуму	12
6	Стохастичне рівняння Беллмана	10
7	Індивідуальне завдання	10
	Разом	72

9. Індивідуальні завдання

Виконання розрахункової роботи «Методи дослідження і аналізу неперервних лінійних систем 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 ви-

гляді 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...1	8	0...8
Робота на практичних заняттях	0...2	6	0...12
Самостійна робота	0...1	6	0...6
Модульний контроль	0...25	1	0...25
Змістовний модуль 2			
Робота на лекціях	0...1	4	0...4
Робота на практичних заняттях	0...2	4	0...8
Самостійна робота	0...1	4	0...4
Модульний контроль	0...25	1	0...25
Виконання та захист розрахункової роботи	0...20	1	0...20
Всього за семестр (*)			0...112

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

Семестровий контроль (іспит/залік) проводиться у разі відмови студента від балів поточного тестування та за наявності допуску до іспиту/заліку. При складанні семестрового іспиту/заліку 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:

- методи дослідження систем керування під дією стохастичного збурення;
- методи знаходження передаточних функцій, перехідних функцій, імпульсних перехідних функцій;
- основні задачі оптимального керування;
- стохастичний принцип максимуму Понтрягіна;
- методи побудови оптимального керування з повним оберненим зв'язком.

Необхідний обсяг умінь для одержання позитивної оцінки:

уміти:

- застосовувати апарат дослідження випадкових процесів для зображення сигналів систем, які знаходяться під впливом стохастичних зусиль (математичне сподівання, коваріаційна функція, коваріаційна матриця вектора стану, стохастичні диференціальні рівняння).
- аналізувати вихідні процеси;
- відрізнити системи керування за виглядом їх математичної моделі;
- застосовувати класичні варіаційні методи, принцип максимуму, методи динамічного програмування.
- розв'язувати задачі аналізу і синтезу лінійних неперервних систем керування;
- розв'язувати задачі оптимального керування стохастичних систем за умови існування інформації про вектор стану

12.3 Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру

Задовільно (60-74). Показати мінімум знань та умінь. Захистити всі індивідуальні завдання. Досліджувати неперервні лінійні системи за допомогою диференціальних рівнянь. Застосовувати стохастичний принцип максимуму 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. Досліджувати неперервні лінійні системи. Розв'язувати задачі оптимального програмного керування і з оберненим зв'язком. 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 таблицею наведеною в п. 12.1. 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 до-

веденням 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, означеними 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. 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.
2. Головченко А.В. Теория управления стохастическими системами. Учебн. пособие. – Харьков: Нац. аэрокос. ун-т „Харк. авиаци. ин-т”, 2017. – 68 с.
3. Соколов Ю. Н. Компьютерный анализ и проектирование систем управления. Ч. 4. Статистические методы. – Учебн. пособие. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиаци. ин-т», 2008.

Електронний ресурс, на якому розміщено навчально-методичний комплекс дисципліни: . 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;
- каталоги інформаційних ресурсів.

14. Рекомендована література

Базова

1. Брайсон А., Хо Ю-ши. Прикладная теория оптимального управления. Оптимизация, оценка и управление. – М.: Мир, 1972.
2. Острем К. Введение в стохастическую теорию управления. М.: Мир, 1970.
3. Пантелеев А.В., Бортакoвский А.С. Теория управления в примерах и задачах. – М.: Высш. шк., 2003.
4. Пантелеев А.В., Рыбаков К.А. Методы и алгоритмы синтеза оптимальных стохастических систем управления. – М.: Изд-во МАИ, 2012.
5. Попович М.Г., Ковальчук О.В. Теорія автоматичного керування. – К. Либідь, 2007.
6. Пугачев В.С. Теория случайных функций и ее применение к задачам автоматического управления. М.: Физматгиз, 1962.
7. Свешников А.А. Прикладные методы в теории случайных функций. М.: Наука, 1968.
8. Семенов В.В., Пантелеев А.В., Руденко Е.А. Математическое описание и синтез нелинейных систем. Учебн. пособие. – М.: Изд-во МАИ, 1990.

Допоміжна

1. Беллман Р. Динамическое программирование. – М.: Наука, 1960.
2. Пугачев В.С. Стохастические дифференциальные системы. – М.: Наука, 1985.
3. Флеминг У., Ришер Р. Оптимальное управление детерминированными и стохастическими системами. – М.: Мир, 1978.
4. Черноусько Ф.Л., Колмановский В.Б. Оптимальное управление при случайных возмущениях. – М.: Наука, 1978.

15. Інформаційні ресурси

Сайт кафедри k405@ khai.edu